

Aprendizagem baseada em problemas e integrativa dos temas mobilismo geológico e biodiversidade à luz da evolução

Cristina Maria Costa e Sousa

Relatório de Estágio do Mestrado em Ensino
da Biologia e Geologia no 3º ciclo do Ensino Básico
e no Ensino Secundário da Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto

2015





Aprendizagem baseada em problemas e integrativa dos temas mobilismo geológico e biodiversidade à luz da evolução

Cristina M. C. Sousa

Mestrado em Ensino da Biologia e Geologia

Departamento de Biologia &

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

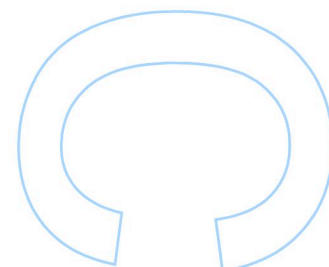
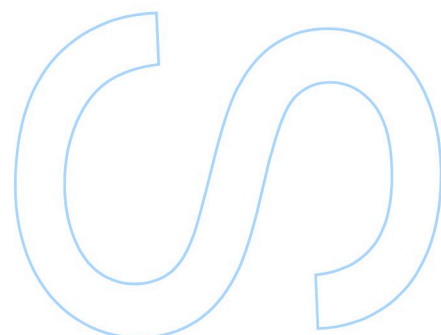
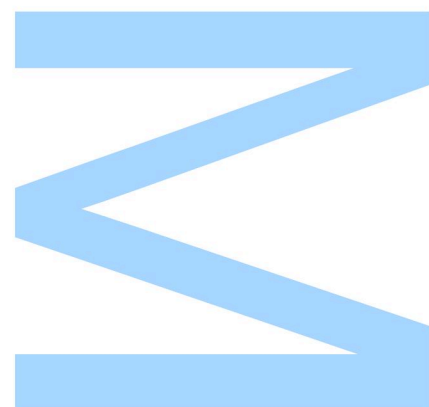
2015

Orientador da área científica de Biologia

Doutor João J. P. Honrado, Professor Auxiliar, DB, FCUP.

Orientador da área científica de Geologia

Doutor A. Guerner Dias, Professor Auxiliar, DGAOT, FCUP.



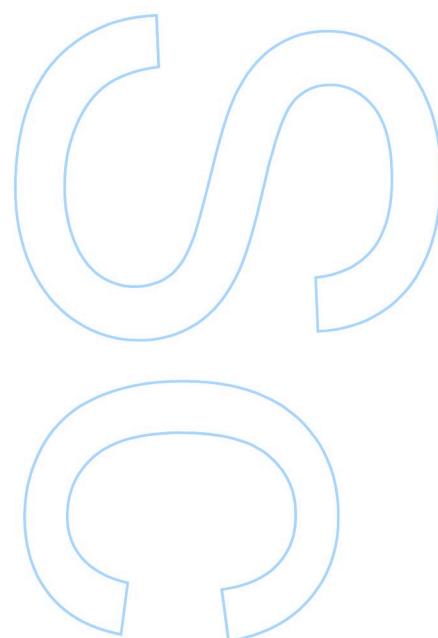
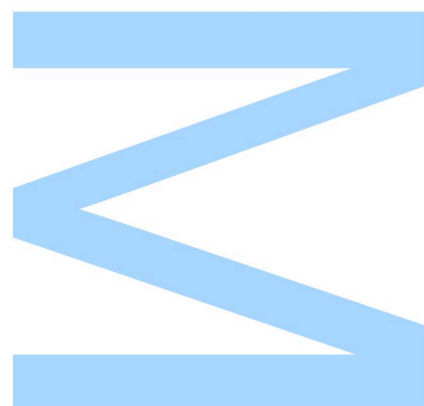
Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____ / ____ / ____

**Aprendizagem baseada em problemas e integrativa dos temas
mobilismo geológico e biodiversidade à luz da evolução**

Cristina Sousa



Agradecimentos

Aos docentes do mestrado em ensino da biologia e geologia pelas bases necessárias para a prossecução das atividades conducentes a este relatório, especialmente ao Prof. Doutor Duarte Costa Pereira, Prof. Doutor João Paiva e Prof. Doutor Guerner Dias. À Prof. Doutora Clara Vasconcelos pela sugestão no âmbito da UC de Projeto do questionário Senocak (2009) usado com os alunos.

À professora Dr.^a Lucinda Motta pela orientação da Prática de Ensino Supervisionado durante o ano 2012/2013 disponibilizando as suas turmas para o efeito e pelos seus comentários oportunos sobre a eficácia de cada aula lecionada e por si observada criticamente.

Aos alunos da Escola Secundária Aurélia de Sousa que participando nas atividades propostas permitiram este estudo, e também pelo seu entusiasmo e motivação na realização das tarefas propostas.

À Direção da ESAS pela disponibilização das condições de infraestruturas, e aos colegas do núcleo de estágio e outros docentes da escola pela camaradagem permitindo boas aprendizagens no dia-a-dia na escola.

Aos Professores Doutor Fernando Noronha, Doutora Helena Couto e Doutor João Honrado pela orientação de atividades inseridas na IPP em 2012/2013, nomeadamente participação em ciclo de palestras que organizei.

Ao meu orientador Prof. Doutor Guerner Dias por ser acessível, apesar da sua agenda, e que foi responsável por úteis e desafiantes aprendizagens na área da Geologia e do Ensino das Ciências, nomeadamente durante a redação final deste Relatório e também na Saída de Campo a Lavadores (em 2012/2013). À sua calma na resolução de questões regulamentares, assim como à do Prof. Doutor António Porto, que foram essenciais para que me fosse possível terminar este mestrado, no ano 2014/2015.

Ao meu orientador - da área da Biologia - Prof. Doutor João Honrado por me motivar nos vários momentos difíceis de escrita ajudando a manter a ponderação e a boa disposição e com a sua análise crítica sempre construtiva permitiu-me ir melhorando. E obrigada pela amizade!

A todos os amigos e familiares pelo apoio nesta formação que me propus fazer nesta fase da minha vida, especialmente aos meus Pais por me encorajarem a prosseguir.

À FCUP (Departamento de Botânica) por ter despertado ainda mais o meu gosto pelo ensino desde 1999, especialmente à, falecida, Prof.^a Doutora Isabel Santos.

Agradece-se à Direção da FCUP pelo financiamento das atividades no âmbito da PES 2012/2013 na ESAS.

Resumo

O foco principal da educação é a construção de estruturas de conhecimento coerentes que serão úteis ao longo da vida. Neste contexto foi desenvolvida uma estratégia de Aprendizagem baseada em problemas e integrativa dos temas mobilismo geológico e biodiversidade, usando recursos educativos vários para adequado andaimamento. Desenvolveram-se diversos recursos educativos, tais como a situação-problema, o puzzle e o roteiro de exploração do Google Earth.

Os resultados alcançados, pelos alunos de ambos os níveis de escolaridade, 7º e 10º anos, no pós-teste foram superiores relativamente aos do pré-teste em todas as questões-problema colocadas, sugerindo um contributo desta ação para o sucesso da aprendizagem.

No final da unidade os alunos têm uma visão integrativa dos temas e dos episódios de História da Ciência, nomeadamente sobre Biogeografia de espécies de aves paleognatas e a sua relação a um ancestral comum.

Este estudo também contribuiu para melhorar as práticas educativas futuras, uma vez que teve em consideração a diversidade dos estilos de aprendizagem dos alunos na implementação da aprendizagem significativa e integrativa dos temas mobilismo geológico e biodiversidade e evolução, contribuindo para um ambiente de aprendizagem de elevada diversidade.

Palavras-chave

Biodiversidade; História da Ciência; Mobilismo geológico; Natureza da Ciência; Problem-Based Learning.

Abstract

The main focus of the education is to construct coherent knowledge structures that will be useful throughout life. In this context we developed a learning strategy problem-based and integrative of geological and biodiversity mobilismo topics, using various educational resources for adequate scaffolding. Many educational resources were developed, such as the problem, the puzzle and the Google Earth exploration worksheet.

The results achieved by students of both educational levels, 7 and 10 years post-test were relatively higher in the pretest in all the questions, suggesting the contribute of this action in the learning success.

At the end of the unit students have an integrative view of themes and episodes of the History of Science, in particular on biogeography of species of birds paleognatas and their relationship to a common ancestor.

This study also helped to improve future educational practices as it took into account the diversity of learning styles of pupils in implementing meaningful and integrative learning of geological mobilism and biodiversity and evolution themes, contributing to a high diversity learning environment.

Key words

Biodiversity, Geological mobilismo; History of Science; Nature of Science; Problem-Based Learning.

Índice

págs.

Agradecimentos	
Resumo	
Abstract	
Lista de tabelas, caixas e figuras	i
Lista de abreviaturas	v
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Problema e objetivo da investigação	3
1.3. Estrutura do Relatório	3
CAPÍTULO 2. CONTEXTUALIZAÇÃO CIENTÍFICA	4
2.1. Geologia - Mobilismo geológico	4
2.1.1. Background teórico	4
2.1.2. Teoria das translações continentais ou da deriva dos continentes	4
2.1.2.1. Argumentos geofísicos de Wegener	5
2.1.2.2. Argumentos geológicos de Wegener	6
2.1.2.3. Argumentos paleoclimáticos de Wegener	6
2.1.2.4. Outros argumentos de Wegener	7
2.1.2.6. Translações continentais da Pangea ao presente	8
2.1.3. Integração da teoria da deriva dos continentes na teoria da tectónica de placas	9
2.2. Biologia - Biodiversidade à luz da evolução	11
2.2.1. Biodiversidade	11
2.2.2. Biogeografia	13
2.2.3. Declínio e conservação da biodiversidade	16
2.2.4. Síntese Moderna da teoria da evolução	17
2.2.5. Classificação da biodiversidade	18
2.3. Integração Biologia-Geologia à luz da evolução	20
2.3.1. Supercontinentes, biodiversidade e extinções em massa	20
2.3.2. Evidências paleobiogeográficas	23
2.3.3. A integração Biologia-Geologia no ensino da evolução	26
2.4. Ensino das Ciências - Problem-based learning	27
2.4.1. Processo de ensino-aprendizagem da Ciência	27
2.4.2. Ambiente de aprendizagem inclusivo da diversidade de estilos de aprendizagem	29
2.4.3. Justificação do modelo de ensino-aprendizagem	31
CAPÍTULO 3. METODOLOGIA	34
3.1. Método: Investigação-Ação	34
3.2. Fases iniciais da investigação	36
3.2.1. Caraterização da população	36
3.2.2. Caraterização da escola	36
3.2.3. Caraterização das turmas participantes	37
3.2.4. Caraterização dos alunos participantes (amostra)	38

3.3. Reflexões sobre o enquadramento curricular	38
3.3.1. Contextualização curricular no ensino básico	39
3.3.2. Contextualização curricular no ensino secundário	41
3.4. Planeamento da ação	42
3.4.1. Definição das questões de investigação	42
3.4.2. Definição dos objetivos específicos	43
3.4.3. Definição dos métodos de recolha de dados	43
3.5. Instrumentos da I-A	43
3.5.1. Consentimento informado	43
3.5.2. Avaliação do processo de ensino-aprendizagem	43
3.6. Ação	44
3.6.1. Descrição sumária da ação educacional relativa ao 7º ano de escolaridade	44
3.6.2. Descrição sumária da ação educacional relativa ao 10º ano de escolaridade	50
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	54
4.1. Resultados da ação em aulas de Ciências Naturais do 7º ano de escolaridade	54
4.1.1. Evolução de capacidades e conhecimentos ao longo do tempo (pré vs. pós-teste)	54
4.1.2. Caracterização dos estilos de aprendizagem	61
4.1.3. Caracterização do ambiente de aprendizagem: Qual o argumento mais convincente?	62
4.1.4. Diversificação do ambiente de aprendizagem usando o Google Earth (tectonics)	62
4.1.5. Capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem	63
4.1.6. Aprendizagens durante o processo ensino-aprendizagem: percepção dos alunos	64
4.1.7. Percepção dos alunos sobre avaliação do processo de aprendizagem	64
4.1.8. Questionário de desenvolvimento de capacidades metacognitivas	65
4.1.9. Síntese das capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem	67
4.2. Resultados da ação em aulas de Biologia e Geologia do 10º ano de escolaridade	68
4.2.1. Evolução de capacidades e conhecimentos ao longo do tempo (pré vs. pós-teste)	68
4.2.2. Caracterização do ambiente de aprendizagem: Qual o argumento mais convincente?	74
4.2.3. Diversificação do ambiente de aprendizagem	74
4.2.4. Capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem	76
4.2.5. Percepção dos alunos sobre avaliação do processo de aprendizagem	78
4.2.6. Questionário de desenvolvimento de capacidades metacognitivas	78
4.2.7. Síntese capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem	81
CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO	83
5.1. Aprendizagem por PBL	83
5.2. Aprendizagem com recurso à promoção de estilos de aprendizagem	86
5.3. Síntese global	87
CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
APÊNDICE	96

Lista de tabelas, caixas e figuras

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. - Concepções pré-Darwin e etapas de modificação do Darwinismo.

Tabela 3.1 - Contextualização curricular dos temas no ensino básico para cada área científica do projeto.

Tabela 3.2 - Contextualização curricular dos temas no ensino secundário para cada área científica do projeto.

Tabela 4.1 - Média dos resultados obtidos pelos alunos da turma de 7º ano em estudo no questionário VARK.

Tabela 4.2 - Média dos resultados obtidos pelos alunos da turma de 7º ano em estudo no roteiro de exploração.

Lista de Caixas

Caixa 3.1. - Parte I do Problema: Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?.

Caixa 3.2. - Parte II do Problema: Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?.

Caixa 3.3 - Parte III do Problema: Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?.

Caixa 3.4 - Parte IV do Problema: Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?.

Caixa 3.5 - Parte final - específica - do problema do 10º ano.

Caixa 4.1 - Questão I.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.2 - Questão I.4. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.3 - Questão II.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.4 - Questão II.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16). Nota: respostas completas e incompletas incluem-se nas corretas.

Caixa 4.5 - Questão II.3. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.6 - Questão II.5. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.7 - Questão II.7. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16). Nota: Usou-se a nomenclatura do Manual adoptado “crosta”.

Caixa 4.8 - Questão III.1 do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.9 - Questão III.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.10 - Questão III.3. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.11 - Questão III.3. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.12 - Questão III.6. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.13 - Questão III.7. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Caixa 4.14 - Questão I.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão I.1, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Caixa 4.15 - Questão I.4. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20). *Nota: Considerou-se resposta completa se referidos pelo menos 3 tipos de argumentos.

Caixa 4.16 - Questão II.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão II.1, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Caixa 4.17 - Questão II.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão II.2, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Caixa 4.18 - Questão III.1 aos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação.

Caixa 4.19 - Questão III.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão III.2, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Caixa 4.20 - Questão III.1 aos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação.

Caixa 4.21 - Questão III.6. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão III.6, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Caixa 4.22 - Questão III.7. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão III.7, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Caixa 4.23 - Questões 3.1 e 3.2 da Ficha de avaliação sumativa apresentada à turma em estudo de 10º ano.

Caixa 4.24 - Questão 2.1 da ficha de avaliação sumativa relativa à temática da Diversidade biológica (10º ano).

Caixa 4.25 - Questão 1 e 2 do questionário final sobre aplicação de aprendizagens da turma em estudo de 10º ano.

Lista de Figuras

Fig. 2.1 - Distribuição geográfica dos socos cristalinos nos continentes americano e africano (a sombreado) (adapt. Allègre, 1988).

Fig. 2.2 - Reconstrução do mapa mundo, de acordo com Wegener, relativo ao Pérmico (in Wegener, 1929, p137). W = arenito; E = rochas com estrias por glaciares; K = carvão; S = sal; G = gesso; áreas a sombreado = zonas áridas.

Fig. 2.3 - Reconstituições paleogeográficas: (a) relativa ao Carbónico superior e (b) ao Eocénico (in Wegener, 1929, p18), em que áreas com sombreado claro correspondem a mares pouco profundos; (c) Carbónico superior e (d) Eocénico (in Scotese, 2000).

Fig. 2.4 - Idade da litosfera oceânica (adapt. de NOAA, 2008).

Fig. 2.5 - Representação da árvore da vida (Darwin, 1837-8).

Fig. 2.6 - Distribuição geográfica das espécies *Rhea americana* (Ema), *Rhea pennata* (Ema de Darwin) e *Struthio camelus* (avestruz), com distinção de áreas geográficas em que as espécies são endémicas e residentes (a amarelo) e introduzidas (roxo) com recurso à base de dados IUCN Red List of Threatened Species, usando o Google Earth.

Fig. 2.7 - Mapa representando as 6 regiões biogeográficas (a) e detalhe do mapa (b) representando a linha de Wallace representada a vermelho, assinalada com seta, (Wallace, 1876).

Fig. 2.8 - Mapa dos reinos zoogeográficos terrestres e regiões do mundo (à direita) definidos por análises filogenéticas, e correspondente árvore filogenética (à esquerda), adapt de Holt *et al.* (2013). As linhas descontínuas representam as regiões zoogeográficas e linhas contínuas definem os reinos zoogeográficos (identificados com os respetivos nomes), as cores representam a modificação para reinos das diferentes regiões previamente identificadas.

Fig. 2.9 - Mapa mundial dos hotspots de biodiversidade (in Conservation International, 2013).

Fig. 2.10 - Porção selecionada de código de barras moleculares ou “barcodes” (nucleotídeo 776 a 806) de: *Rhea pennata* (BOLD:AAF7583), *Rhea americana* (BOLD:AAD5945) and *Dinornis giganteus* (BOLD:AAX9559). Cada barra corresponde a uma posição nucleotídica no gene CO1, usualmente a cores, A (verde), T (vermelho), C (azul) e G (preto). Fonte: BOLD*; EOL*.

Fig. 2.11 - Comparação entre os eventos da história da Terra e o ciclo dos supercontinentes (Adapt. Nance & Murphy, 2013): eventos evolutivos, formação e fragmentação de supercontinentes e períodos de glaciação.

Fig. 2.12 - Eventos da história da Terra e evolutivos na Era Paleozoica (540 a 250Ma) e Era Mesozoica (250 a 66Ma). Adapt. de Macdougall (1998) e Blakey (2011). Fonte: <https://www2.nau.edu/rcb7/mollglobe.html> (acesso a 10/2013).

Fig. 2.13 - Reconstituição da posição dos continentes durante o Pérmico: (a) Distribuição de formações geológicas contendo fósseis de *Glossopteris* - locais definitivos, com círculos, locais possíveis com pontos interrogação -

(McLoughlin 2001; McLoughlin, 2011). (b) Reconstituição de províncias paleoflorísticas durante o Pérmico, e identificando a azul a área onde se encontrava a flora de *Glossopteris* e representando as restantes cores os diferentes conjuntos florísticos contemporâneos (McLoughlin, 2011).

Fig. 2.14 - Árvore filogenética de Ratites e Tinamiformes - Superordem Paleognathae - (à direita) e idades de divergência de cada nó da árvore (à esquerda) com respetivo intervalo de confiança (I. c.). Adapt. de Baker & Pereira (2009) e Pereira & Baker (2006).

Fig. 2.15 - Árvore filogenética resultante de análise de multi-locus e retroposições, cronograma e representação de localização geográfica dos eventos; os pontos de calibração paleontológica estão representados por relógios vermelhos (adapt. de Haddrath & Baker, 2012).

Fig. 2.16 – Proporção relativa de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e Ensino por Resolução de Problemas com a progressão no programa no tempo (Adapt. Sousa, 2007).

Fig. 2.17 – Descrição dos cinco passos executados pelos alunos na resolução de uma situação-problema, segundo abordagens Aprendizagem Baseada em Problemas (Adapt. Walsh, 2005; DiCarlo, 2006; Sousa, 2007).

Fig. 3.1 - Esquema da metodologia Investigação-Ação usada, subdividindo-se em ciclos, em contínua melhoria, e cada ciclo subdividindo-se em várias fases: Reflexão (R), Planificação (P), Ação (A) e Observação/Avaliação (O). As setas () representam interações que ocorrerem entre as várias fases, eventualmente, nos vários ciclos. O 4º ciclo relativo à turma de 10º ano inclui dois subciclos.

Fig. 3.2 - Gráfico de distribuição dos níveis de classificação do alunos da turma do 7º ano no 1º período, do ano letivo 2012/2013, de uma escala de 1 a 5. Total de 26 alunos.

Fig. 3.3 - Gráfico de distribuição da classificação dos alunos da turma do 10º ano no 1º período, do ano letivo 2012/2013, numa escala de 0 a 20 valores. Total de 25 alunos (dos 26 alunos inicialmente pertencentes à turma, 1 não têm classificação final porque 1 é aluno de ensino doméstico).

Fig. 4.1 - Perfil da turma de 7º ano em estudo (n=15) relativamente aos estilos de aprendizagem (n=15).

Fig. 4.2 - Frequência (em %) de classificações obtidas pelos alunos da turma de 7º ano em estudo em Ficha de avaliação sumativa sobre Teoria da deriva continental e Teoria da Tectónica de placas (n = 19).

Fig. 4.3 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 7º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema teoria da deriva continental, apresenta-se a percentagem de alunos que a consideraram aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens. Nota: o total de respostas é 14.

Fig. 4.4 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 7º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema teoria da tectónica de placas, apresenta-se a percentagem de alunos que a consideraram aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens. Nota: o total de respostas é 14.

Fig. 4.5 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 7º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema biodiversidade e distribuição geográfica de espécies, apresenta-se a percentagem de alunos que a consideraram aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens. Nota: o total de respostas é 14.

Fig. 4.6 - Gráfico com a distribuição dos níveis de classificação do alunos de 7º ano da turma em estudo no 3º período (classificação anual). Total de 26 alunos.

Fig. 4.7 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Mobilismo geológico - subtema Teoria da deriva continental; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

Fig. 4.8 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Mobilismo geológico - subtema teoria da tectónica de placas; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

Fig. 4.9 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema Relação entre o mobilismo geológico e a biodiversidade; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

Fig. 4.10 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema Evolução e extinção da biodiversidade ao longo do tempo; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

Fig. 4.11 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema biodiversidade atual; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

Fig. 4.12 - Gráfico com a distribuição da classificação dos alunos da turma de 10º ano no 3º período (classificação anual) numa escala de 0 a 20 valores. Total de 23 alunos (dos 26 alunos inicialmente pertencentes à turma, 3 não têm classificação final porque 1 é aluno domiciliário, 1 anulou a matrícula e 1 reprovou por faltas).

Lista de abreviaturas

AAAS	American Association for the Advancement of Science
BOLD	Barcode of Life Data Systems
DL	Decreto-Lei
DNA	deoxyribonucleic acid (em português: ADN = ácido desoxirribonucleico)
EOL	Encyclopedia of Life
FAO	Food and Agriculture Organization
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
IAVE	Instituto de Avaliação Educativa
I-A	Investigação-ação
IUCN	International Union for Conservation of Nature
Ma	Milhões de anos
NMM	Nível médio das águas do mar
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
ONU	Organização das Nações Unidas
PBL	Problem-based Learning
PISA	OECD Programme for International Student Assessment
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

“Education is the most powerful weapon you can use to change the world.”

Nelson Mandela.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Vivemos em plena era digital e numa sociedade da informação; isto é, uma sociedade tecnológica baseada no conhecimento, na comunicação, na interatividade e onde cada indivíduo tem à sua disposição uma quantidade quase infinita de informação. Os alunos que atualmente frequentam o Ensino Básico nasceram neste século e pertencem a uma “sociedade em rede” (Monteiro, Leite & Lima in Moreira & Monteiro, 2012) e à primeira geração que usa, desde o nascimento, no seu dia-a-dia, telemóveis, computadores e internet; apesar de estas tecnologias terem sido previamente inventadas, apenas no século XXI se tornaram parte do quotidiano devido à evolução no sentido de diminuição de tamanho do hardware e do preço de hardware/software assim como aumento das suas eficácia e velocidade (Monteiro, Leite & Lima in Moreira & Monteiro, 2012).

Em termos de evolução do ensino, em síntese, passámos de um ensino socrático apenas para elites para um ensino “em linha de produção” para todos - um avanço importante em termos democráticos, mas um retrocesso em termos pedagógicos - característico da era industrial do século XX que se adequava ao mercado de trabalho e sociedade de então, em que se valorizava a padronização, a estabilidade e a autoridade (Gilbert, 2004). Atualmente considera-se que o foco principal da educação é a construção de estruturas de conhecimento coerentes que serão úteis ao longo da vida para integrar aprendizagens futuras e não apenas a assimilação de *terabits* de informação. Para atingir este objetivo é necessário que no processo de ensino-aprendizagem se desenvolvam capacidades várias, tais como o pensamento crítico e a capacidade de aprender a aprender. A educação do - e para o - futuro, segundo a UNESCO (abreviatura de “United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization”), deve ser definida tendo em consideração os quatro pilares da aprendizagem, em síntese (UNESCO, 2013): Aprender a aprender; Aprender a fazer; Aprender a ser e Aprender a viver em paz e harmonia com todos.

Em Educação em Ciências no século XXI, o professor depara-se com diversos desafios, tais como a necessidade de assumir o papel de mediador/facilitador das aprendizagens, nomeadamente promovendo o desenvolvimento de competências de procura, seleção e interpretação da informação (Goulão, 2012 in Moreira & Monteiro, 2012). Assim, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) são um excelente recurso para ensinar e aprender Ciência, uma vez que os ambientes de aprendizagem virtuais permitem simultaneamente a planificação de situações e atividades de aprendizagem que propiciem a interação entre os alunos com vista a uma aprendizagem significativa, assim como a elaboração de materiais mais motivadores e flexíveis com a possibilidade de adaptação a diferentes tipos e estilos de aprendizagem dos alunos (Goulão, 2012 in Moreira & Monteiro, 2012).

Segundo Neil deGrasse Tyson (2013), a literacia científica é a vacina contra os charlatões do mundo que exploraram a ignorância. Assim, as competências associadas à literacia científica que se pretende desenvolver são essenciais para uma cidadania plena participativa, atenta aos

desafios colocados à Sociedade, nomeadamente os mais polémicos, entre os quais se destacam referendos relacionados com a biotecnologia e a vida humana.

A “American Association for the Advancement of Science” (AAAS) considera que a forma de ensinar ciência deve ser semelhante à que é usada na sua prática (DiCarlo, 2006) e, por isso, é necessário estimular nos alunos a curiosidade e a vontade de saberem mais promovendo o questionamento por estes. Os professores de ciências podem fazer a ponte entre dois domínios distintos: a ciência dos cientistas e a ciência na escola. Numa perspetiva de aumento da literacia científica do cidadão, o papel dos professores de ciências, nomeadamente de Biologia e de Geologia, é fundamental, uma vez que estes podem contribuir para o desenvolvimento de diversas capacidades, através do ensino pelas ciências, tais como:

- (i) a mobilização de conhecimentos no âmbito da Ciência e da Tecnologia para tomar decisões na resolução de problemas do quotidiano;
- (ii) a análise crítica de diversos argumentos para validar determinada informação;
- (iii) o reconhecimento das limitações dos conhecimentos científicos e tecnológicos e a compreensão da relação das diversas questões com aspetos políticos, económicos, morais e éticos da ciência e da tecnologia;
- (iv) a aprendizagem ativa ao longo da vida promovendo a compreensão de fenómenos naturais e sociais;
- (v) a capacidade de decisão e/ou de emitir opinião sobre questões sociais, conseguindo realizar o balanço de diferentes pontos de vista.

Em pleno século XXI - numa sociedade do conhecimento em que se valorizam as diferenças, a novidade, a mudança e as escolhas - estamos perante uma mudança de paradigma: o foco são os contextos, processos e sistemas e o conhecimento é entendido como um processo ou uma atividade, e não a acumulação de conhecimentos, valorizando-se a capacidade de os aplicar em diferentes contextos, “knowledge is now a verb, not a noun - something we do rather than something we have” (Gilbert, 2004). Tem havido uma tentativa de mudança na educação, nos vários níveis etários, em que o conhecimento conceptual é considerado de menor importância, uma vez que é facilmente acessível on-line, mas valorizam-se as competências de pesquisa e aplicação desses conhecimentos (P21, 2009).

Para definir os temas/desafios da sociedade atual, em que a Educação em Ciência se deve focar, usámos como referência a UNESCO que definiu o período de 2005 a 2014 como a década de Educação para o Desenvolvimento Sustentável, a qual se foca no bem-estar relativo às dimensões da sustentabilidade, tais como: ambiente, sociedade, cultura e economia. Assim, define temas prioritários centrados no ambiente, como por exemplo, a biodiversidade, as mudanças climáticas e a água.

De acordo com os últimos dados da OECD (2014), em Portugal 70% da população entre os 25 e os 64 anos tem habilitações apenas até ao Ensino Secundário. Por isso, apesar dos esforços de implementação do ensino obrigatório até ao 12º ano, as competências desenvolvidas no Ensino

Básico são de facto da maior importância, uma vez que nem todos os alunos optarão por frequentar disciplinas científico-naturais, como a Biologia e Geologia.

Neste contexto, este relatório é fruto da implementação de um projeto de autoria da professora-investigadora (autora do relatório) usando a metodologia de Investigação-Ação (metodologia proposta pelos docentes/orientadores da unidade curricular Projeto).

1.2. Problema e objetivo da investigação

Uma observação inicial permitiu identificar o problema da falta de recursos educativos, nas escolas e nos currículos nacionais, que facilitem a aprendizagem significativa e integrativa dos dois temas centrais: mobilismo geológico e biodiversidade à luz da evolução.

Assim, o problema central desta Investigação-Ação (I-A) definiu-se em forma de questão: *Como promover a aprendizagem integrativa dos temas mobilismo geológico e biodiversidade em associação com aspetos de História e Natureza da Ciência?*

O objetivo geral desta investigação é avaliar os resultados da aplicação das práticas educativas integrativas no ensino das temáticas mobilismo geológico e biodiversidade no ensino básico e no ensino secundário, nomeadamente pela produção e implementação de recursos educativos inovadores que abordem as duas temáticas de forma integrada. Também se testou a hipótese de que a aprendizagem baseada em problemas e integrativa, com recurso a aspetos relevantes de História e Natureza da Ciência, contribui para a aprendizagem significativa e melhoria do desempenho dos alunos do ensino básico (7º ano de escolaridade) e do ensino secundário (10º ano de escolaridade). Foram ainda caracterizados os estilos de aprendizagem dos alunos.

1.3. Estrutura do Relatório

Este Relatório de Estágio está estruturado em seis capítulos principais. Inicia-se com uma Introdução (presente Capítulo) que inclui uma síntese do enquadramento e a fundamentação relativa à investigação realizada.

O Capítulo 2 inclui a contextualização científica dos temas nas respetivas áreas científicas. O Capítulo 3 contém a descrição dos aspetos metodológicos da investigação realizada. No Capítulo 4 apresentam-se os resultados obtidos no âmbito da implementação do projeto de I-A com alunos do 3º ciclo do Ensino Básico (7º ano), e os resultados obtidos com a implementação do projeto de I-A aos alunos do Ensino Secundário (10º ano). No Capítulo 5 discutem-se os resultados obtidos e, no Capítulo 6, são discutidas possíveis aplicações futuras e também são apresentadas sugestões para projetos futuros decorrentes dos resultados de investigação obtidos.

CAPÍTULO 2. CONTEXTUALIZAÇÃO CIENTÍFICA

2.1. Geologia - Mobilismo geológico

2.1.1. Background teórico

A Geologia é a ciência que estuda a Terra, nomeadamente a sua composição, a estrutura interna e os fenómenos associados, desde a sua origem até ao presente, e que se considera ter iniciado a sua autonomia no século XVIII. Os fundadores desta ciência são James Hutton (1726-1797) e Charles Lyell (1797-1875) que enunciaram os princípios fundamentais da Geologia nos quais os geólogos se baseiam para realizar as inferências a partir de registos geológicos (Bolacha, 2008). Os princípios da Geologia relacionados com o tema deste projeto são os seguintes: princípio da sobreposição de estratos, enunciado por N. Steno em 1689, princípio do atualismo geológico (também designado uniformitarismo), proposto por Hutton em 1778, princípio do gradualismo, proposto inicialmente por Hutton e clarificado por Lyell, em oposição ao catastrofismo e princípio da identidade paleontológica, por W. Smith (1769-1839).

Para além de princípios, em Geologia, também foram sendo enunciadas teorias, algumas das quais são consideradas unificadoras (Bolacha, 2008) tais como: a **Teoria da tectónica de placas** e a **Teoria da Terra como um sistema aberto**.

A análise das evidências do dinamismo da Terra permitiu elaborar a teoria unificadora da Geologia - a Teoria da Tectónica de Placas - que resultou da integração de duas teorias anteriores: a Teoria da deriva dos continentes e a Teoria da expansão do fundo oceânico. Atualmente, a maioria dos geólogos aceita que os continentes se têm deslocado na superfície da Terra ao longo da sua história (Wyllie, 1995). A teoria da tectónica de placas propõe que a superfície da Terra é composta por uma camada litosférica que se subdivide em placas litosféricas (consideradas doze ou treze placas principais) que se movem horizontalmente sobre uma camada plástica (a astenosfera). Assim, no limite destas placas ocorre convergência, associada por vezes a subducção de uma das placas, e formação de dobras e falhas e montanhas, ou divergência com a ascensão de magma e formação de nova litosfera oceânica, ou deslizamento de uma placa em relação a outra. Em qualquer dos casos os limites estão associados a áreas de intensa atividade sísmica e vulcânica.

2.1.2. Teoria das translações continentais ou da deriva dos continentes

A Teoria da deriva dos continentes é considerada a teoria revolucionária da Geologia e foi a primeira a conseguir explicar de forma global a ocorrência de vários fenómenos geológicos, relacionando os fenómenos orogénicos dizendo que “As forças que movimentam os continentes são as mesmas que produzem as enormes dobras nas montanhas. A deriva dos continentes, falhas, compressão, sismos, vulcões, transgressões-regressões (...) estão sem dúvida relacionados causalmente numa grande escala” (Wegener, 1929, p20 e p179).

As teorias vigentes em 1912, quando Wegener enunciou esta teoria, eram a Teoria da contração da Terra, que explicava o aparecimento de cadeias montanhosas pelo “enrugamento”

da crosta, em consequência da redução do diâmetro da Terra, e a Teoria das pontes intercontinentais, que admitia a existência no passado de pontes que permitiram a passagem de animais e que estariam submersas, e que estava associada à perspectiva do permanentismo (que considerava a posição das bacias oceânicas e dos blocos continentais imutável ao longo do tempo). Em 1910, Wegener considerou que a complementariedade dos contornos morfológicos dos continentes africano e sul-americano não seria apenas uma coincidência, colocando a hipótese de que estes continentes outrora estiveram em contacto, tal como outros cientistas e pensadores antes dele, dos quais se destacam: Abraham Ortelius, um cartógrafo que em 1596 imaginou catástrofes que teriam separado os continentes (Galopim de Carvalho, 2014), Francis Bacon (em 1620), Snider-Pellegrini (em 1858), Eduard Suess (em 1880) e Frank Taylor (em simultâneo a Wegener em 1910). Taylor é considerado por alguns como co-autor da teoria de Wegener, contudo as suas ideias mobilistas consistiam na existência de movimentos dos continentes dos pólos em direção ao equador. Todos estes cientistas encontraram oposição uma vez que as suas propostas eram contrárias à convicção do senso comum de “terra firme” - alguns historiadores comparam Wegener a Copérnico.

A teoria da deriva dos continentes foi proposta por Wegener em Janeiro de 1912¹, numa palestra que viria a ficar célebre intitulada “Ideias novas sobre a formação das grandes estruturas da superfície terrestre (continentes e oceanos) sobre bases geofísicas”. Durante esse ano fez uma outra comunicação “Movimentos horizontais dos continentes” e publicou “A origem dos continentes” numa revista científica. Assim, Wegener expõe a sua teoria segundo a qual os continentes atuais estariam reunidos, há aproximadamente 300Ma, num bloco único, ao qual designou Pangeia. Este supercontinente ter-se-ia fragmentado e, como consequência, os diferentes fragmentos, como icebergs ou jangadas, ter-se-iam deslocado horizontalmente, até às suas posições atuais e que são transitórias (Wegener, 1915). Esta teoria foi apresentada juntamente com vários argumentos que a suportam (em resumo abaixo), tais como: morfológicos, estratigráficos e litológicos, geológicos, geodésicos, geofísicos, paleontológicos, paleoclimáticos e biogeográficos. Nas reedições de seu livro, em 1920, 1922 e 1929, Wegener foi acrescentando evidências favoráveis à sua teoria, principalmente dados paleoclimáticos, uma vez que a sua especialidade era Meteorologia.

2.1.2.1. Argumentos geofísicos de Wegener

Wegener aplicou a teoria da isostasia aos continentes considerando que estes por terem composição granítica (camada que denominou SIAL) apresentariam uma menor densidade responsável por lhes permitir “flutuar”, isto é, estar em equilíbrio litostático relativamente a camada mais densa e com alguma fluidez, que denominou camada SIMA, correspondendo ao manto e também os fundos oceânicos, de composição basáltica de acordo com Mohorovicic (Wegener, 1929, p52-54).

¹ Comemorou-se durante o ano de 2012 o centenário desta Teoria, uma vez que em 1912 foi proferida a primeira apresentação pública da mesma, numa palestra por Wegener; e em 2015 comemora-se o centenário do livro “*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*” (em português: A origem dos continentes e oceanos).

Segundo Wegener esta teoria da isostasia era contrária às teorias vigentes de contracionismo da Terra e de existência de pontes intercontinentais afundadas (Wegener, 1929, p15).

Neste seu livro, Wegener aplica o conceito, recente, de radioatividade do interior da Terra e descreve a fonte de calor como o resultado do decaimento contínuo de elementos radiativos (Wegener, 1929, p11) que relaciona com o movimento dos continentes sugerindo um mecanismo responsável por este, citando trabalhos sobre correntes de convecção existentes no sima (Wegener, 1929, p53, 178).

2.1.2.2. Argumentos geológicos de Wegener

Wegener e o geólogo du Toit foram conseguindo ajustes cada vez mais precisos (chegando a uma precisão de 90%), considerando a extensão da crosta continental sob o mar até uma profundidade de 2000m (Wegener, 1929, p35) - constituindo a plataforma continental. Contudo uma das críticas à sua teoria era o deficiente ajuste dos contornos dos continentes feitos a partir da linha de costa. Estes argumentos são geralmente denominados argumentos morfológicos, nomeadamente no contexto do ensino da temática no âmbito do Ensino Básico.

Na última edição do seu livro, Wegener cita os trabalhos de du Toit que descreveu a semelhança entre a geologia de África e a América do Sul relativamente a rochas e relevos (da orogenia varisca) relativos ao Paleozóico e ao Mesozóico e reconstruiu o continente Gondwana. Wegener descreveu a presença do mesmo tipo de grupos de rochas como por exemplo o kimberlito e também formações geológicas, que afloram nestas duas regiões, rochas de idade Pré-câmbrica que foram designadas socos cristalinos (Fig. 2.1).

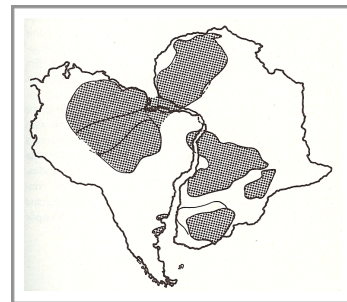
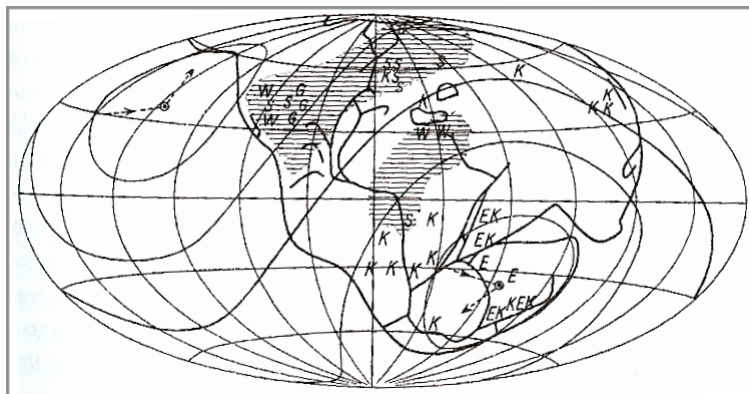


Fig. 2.1 - Distribuição geográfica dos socos cristalinos nos continentes sul-americano e africano (a sombreado) (adapt. Allègre, 1988).

2.1.2.3. Argumentos paleoclimáticos de Wegener

A presença de tilitos ou diamictitos, e de rochas com estrias de passagem de glaciares, indica um clima frio (Wegener, 1929). O indicador de clima tropical (quente e húmido) é o carvão, uma vez que resulta de plantas que cresciam em áreas alagadas, assim como a presença de fósseis de árvores sem anéis de crescimento. Assim, os depósitos glaciais (E na Fig. 2.2) delimitam a região do pólo sul enquanto os carvões (K na Fig. 2.2) marcam a faixa equatorial. Os indicadores de clima árido são os depósitos de sal, resultantes de excesso de evaporação, à data, e de gesso (“gypsum”). A presença de alguns fósseis são também indicadores de clima, por exemplo, encontram-se grandes répteis e corais em climas quentes. Wegener descreveu uma mudança de clima tropical para temperado na Europa, enquanto a África do Sul, atualmente com clima subtropical, teve um clima polar no Carbónico (Fig. 2.2).

Fig. 2.2 - Reconstrução do mapa mundo, de acordo com Wegener, relativo ao Pérmico (*in* Wegener, 1929, p137). W = arenito; E = rochas com estrias provocadas pela passagem de glaciares; K = carvão; S = sal; G = gesso; áreas a sombreado = zonas áridas.



2.1.2.4. Outros argumentos de Wegener

Uma vez que esta teoria foi elaborada tendo por base os dados e a tecnologia disponíveis à época - Wegener apenas poderia estudar aproximadamente 30% da superfície da Terra, correspondendo aos continentes, e estimou os movimentos horizontais dos continentes através de medições astronómicas durante períodos curtos de tempo e, por isso, encontrou valores pouco precisos. Wegener define que o movimento de África para este e da América do Sul para oeste relativamente ao rift do Atlântico ocorreu à mesma velocidade (Wegener, 1929, p148). Também descreveu outro tipo de movimento - migração dos pólos - de rotação do sistema de paralelos de latitude relativamente à superfície da Terra; isto é, ao longo do tempo o eixo de rotação da Terra é alvo de variação ligeira de posição, havendo consequente rearranjo do equador, estimado em $1.3^\circ/\text{Ma}$ atualmente e seria inferior no Mesozóico de acordo com dados geológicos, mas poderá ter tido influência nas variações de clima durante o Paleozóico, nomeadamente avanços e recuos do gelo no Pérmico e Carbónico (Wegener, 1929, p150, 157, 164).

Wegener também propôs uma outra força responsável pelo movimento dos continentes, designando-a “fuga dos pólos” e caracterizando-a como uma força que ao atuar movimenta os continentes em direção ao equador; isto é, provoca o movimento de toda a superfície terrestre em relação ao eixo de rotação da Terra (Wegener, 1929, p148,168). Atualmente são vários os cientistas defensores desta teoria do movimento em relação aos pólos (“true polar wander”) que define que o eixo da Terra tende a alinhar-se reorientando a crosta e manto devido a anomalias na densidade do manto (Biggin et al., 2012). Alguns autores consideram que ocorre atualmente, nos últimos 40Ma, de forma mais lenta, a $0.2^\circ/\text{Ma}$ (Dobrovine, Torsvik & Steinberger, 2012). Wegener não dedicou muito trabalho a esta teoria que atualmente ainda é alvo de muitos estudos e controvérsias.

2.1.2.5. Translações continentais da Pangea ao presente

Wegener propõe a existência de um supercontinente há aproximadamente 300Ma (Fig. 2.3 (a)) que, posteriormente, se teria fragmentado e por movimentos horizontais, lentos, ao longo do tempo, os continentes teriam chegado à posição atual ainda durante o Quaternário inferior. O início da fragmentação consistiu na separação entre a Laurásia, a norte, e a Gondwana, a sul formando-se o oceano Tétis no final do Triásico (Fig. 2.3 (b)).

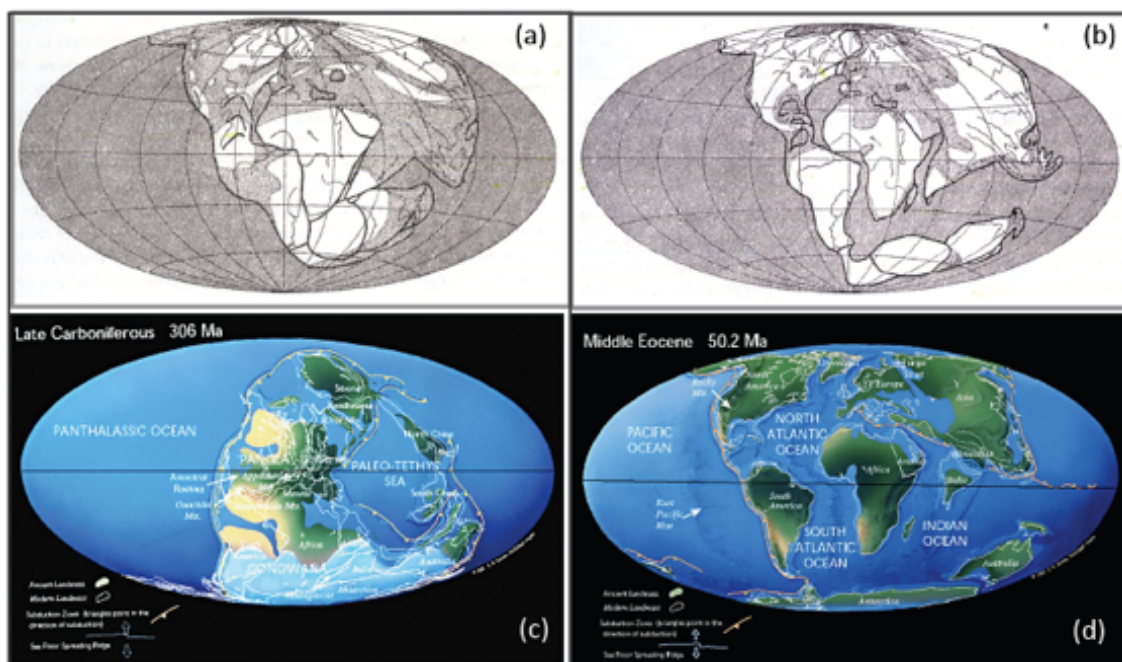


Fig. 2.3 - Reconstituições paleogeográficas: (a) relativa ao Carbónico superior e (b) ao Eocénico (*in* Wegener, 1929, p18), em que áreas com sombreado claro correspondem a mares pouco profundos; (c) Carbónico superior e (d) Eocénico (*in* Scotese, 2000).

Atualmente, as reconstituições paleogeográficas do mapa mundo são efetuadas por software especializado que inclui dados de modelação matemática e estudos de paleomagnetismo, algumas destas são disponibilizadas pelos seus autores em website de acesso livre (Fig. 2.3 (c) e 2.3 (d)).

Pela análise comparativa entre a reconstituição da Pangeia por Wegener (Fig. 2.3 a) e a de Scotese que engloba resultados de várias ciências e tecnologias não disponíveis à data (Fig. 2.3 c) verifica-se uma grande semelhança. Relativamente à previsão para a posição das massas continentais há aproximadamente 50Ma ambos os autores consideraram a separação dos continentes americano e euroasiático e o início da colisão da Índia com a Ásia (Fig. 2.3 (b) e 2.3 (d)).

2.1.3. Integração da teoria da deriva dos continentes na teoria da tectónica de placas

Apesar dos diversos contributos anteriores considera-se o contributo de Wegener revolucionário, uma vez que este depois de enunciar a hipótese complementou-a com vários estudos realizados pelo próprio e também trabalhos de vários especialistas elaborando a sua obra de natureza interdisciplinar “A origem dos continentes e oceanos” (do original “Die Entstehung der Kontinente und Ozeane”) publicada em 1915 (1ª edição) que apresenta diversos argumentos que suportam a teoria da deriva dos continentes. Na sua última edição, em 1929, o autor tenta responder a algumas objeções, citando autores que referem a existência de elementos radioativos no interior da Terra responsáveis pelas altas temperaturas e a existência de correntes de convecção em camada abaixo da crosta (camada intermédia composta por silício e magnésio e designada, por Wegener, de sima) - que Wegener considera serem o “motor” para os movimentos horizontais dos continentes (Wegener, 1929, p178). Assim, considera-se que a noção de mobilismo geológico constitui uma revolução no pensamento científico relativo à Terra que culminou com o desenvolvimento da teoria da tectónica de placas - que integra a teoria da deriva dos continentes e o contributo de outros cientistas. Em 1928, Arthur Holmes sugeriu a hipótese do mecanismo de convecção mantélica como motor da deriva dos continentes e em anos posteriores complementou-a. Após a morte de A. Wegener, em 1930, com as tecnologias disponíveis no pós-II Guerra Mundial, como o sonar, e a criação de um gabinete nos EUA dedicado a investigação naval, foi possível cartografar o fundo dos oceanos, sendo o primeiro mapa mundo do fundo dos oceanos da autoria de Mary Tharp (1920-2006). Mas os contributos de Harry Hess (1906-1969) e Robert Dietze (1914-1995) foram importantes na proposta da teoria da expansão do fundo do oceano, uma vez que integraram também estudos de paleomagnetismo, de inversão magnética, permitindo datar o fundo dos oceanos.

A controvérsia relacionada com a teoria da deriva dos continentes está associada a uma censura ideológica pela comunidade científica, semelhante à que Galileu sofreu: Holmes propôs que as correntes de convecção do manto tinham força suficiente para transportar os continentes, mas para reduzir a oposição da comunidade científica, no final do seu livro afirma que se trata de uma hipótese especulativa; também Hess, quando apresentou a hipótese da expansão do fundo oceânico e o consequente movimento dos continentes, teve o cuidado na sua classificação (Lavina, 2010) considerando apenas uma “geopoesia” (Wyllie, 1979 in 1995). Atualmente são aceites vários modelos relativos ao mecanismo de convecção na astenosfera correspondendo a diferentes formas e tamanhos das células de convecção. Segundo os vários modelos, o mecanismo de convecção mantélica explica a transferência de calor na astenosfera e é caracterizado por correntes ascendentes na zona dos riftes - associadas a limites tectónicos construtivos - e correntes descendentes por baixo das fossas - associadas a limites tectónicos destrutivos. Assim, os oceanos abrem por afastamento de placas e ascensão de magma basáltico nas dorsais, e nas fossas oceânicas ocorre mergulho de placa por subducção, e a

reciclagem do material litosférico ocorre próximo do limite núcleo-manto (Press et al., 2004).

As isócronas do fundo do oceano atlântico demonstram que a litosfera oceânica tem nalguns locais dezenas de milhões de anos e noutros até 180Ma de idade (Fig. 2.4). No Mar Mediterrâneo surge a litosfera mais antiga com 260 a 280Ma (Fig. 2.4).

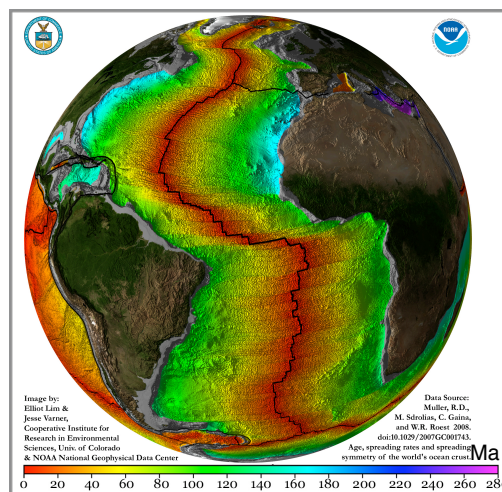


Fig. 2.4 - Idade da litosfera oceânica (adapt. de NOAA, 2008)².

De acordo com a teoria da tectónica de placas a geodinâmica da Terra pode ser descrita pelos ciclos de Wilson. Wilson estudou a sucessão de ciclos de abertura e fecho de oceanos - denominados **ciclos de Wilson** - que se considera existirem desde há 2500Ma. Cada ciclo inicia-se com a abertura de um rift (como atualmente o rift intracontinental na África oriental) e o consequente surgimento de uma depressão, abaixo do nível médio das águas do mar (NMM), que formará um oceano; depois ao longo do tempo haverá formação de nova litosfera oceânica. Há convergência das placas envolvidas com outras placas tectónicas vizinhas, nas fossas, e poderá ocorrer subducção, orogénese (formação de cadeias montanhosas) e geram-se sismos.

Numa escala global descreve-se o **ciclo dos supercontinentes** com duração de aproximadamente de 300 a 500Ma e que se caracteriza por períodos da história da Terra em que ocorre a junção dos continentes num supercontinente único e um oceano contínuo, seguidos de períodos de tempo em que ocorre fragmentação do supercontinente - definindo uma “dança dos continentes” (Ribeiro, 2011 *in* Martins-Loução, 2011).

² Disponível em <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/crustalimages.html> (acedido em 01/2013).

2.2. Biologia - Biodiversidade à luz da evolução

2.2.1. Biodiversidade

Em 1986, E. O. Wilson apresentou o conceito de Biodiversidade no primeiro Fórum Americano sobre a diversidade biológica (Wilson, 2007), e segundo a Convenção para a Diversidade Biológica, de 1992, a diversidade biológica consiste na “variabilidade dos seres vivos de todos os habitats, desde terrestres, marinhos ou outros ecossistemas aquáticos do qual fazem parte, incluindo a diversidade dentro da espécie, entre espécies e de ecossistemas” (Convention on Biological Diversity, 2013). Portanto, o conceito de biodiversidade engloba diversas dimensões: diversidade genética (diversidade dos genes de uma espécie); diversidade de espécies (diversidade de espécies que se podem encontrar num determinado habitat); diversidade ecológica (diversidade de biótopos e ecossistemas) e diversidade funcional (diversidade de processos biológicos e químicos necessários à sobrevivência de espécie).

Uma questão pertinente (e que foi colocada aos alunos de 10º ano no início da ação) é “o que é uma espécie?”. Contudo qualquer resposta dificilmente é consensual na comunidade científica (e na turma). Charles Darwin (1859) na sua obra *“On the Origins of Species”* distingue os conceitos de variedade e espécie: *“Hereafter we shall be compelled to acknowledge that the only distinction between species and well-marked varieties is, that the latter are known, or believed, to be connected at the present day by intermediate gradations, whereas species were formerly thus connected.”* Descreveu então a existência de continuidade da variabilidade dentro de uma espécie, com uma descontinuidade em menor grau entre variedades, e uma maior descontinuidade na variação entre espécies. Surge então, para explicar a causa destas continuidades/descontinuidades de variação, o conceito de “ancestral comum” e a ideia de que todos os organismos estão relacionados como numa árvore geneológica a que Darwin designou “árvore da vida”, ilustrada pela primeira vez em 1837-8 (Fig. 2.5). Este conceito da árvore da vida (Darwin, 1837-8) - em que os vários ramos terminais representam diferentes espécies - é das ideias mais importantes na Biologia e influenciou os sistemas de classificação, sendo sistemas filogenéticos os pós-Darwin, por exemplo o de Whittaker (Margulis, 1998).

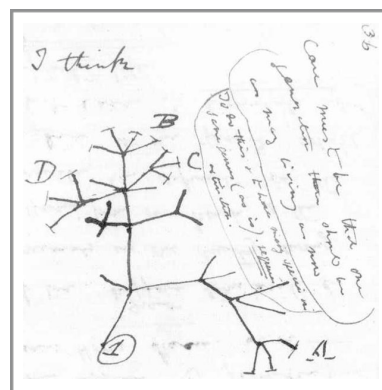


Fig. 2.5 - Representação da árvore da vida (Darwin, 1837-8).

O conceito biológico de espécie, proposto por E. Mayr, em 1963, considera uma espécie como um grupo cujos membros se inter cruzam livremente entre si em condições naturais, ou potencialmente se cruzariam na ausência de barreira geográfica e que estão reprodutivamente isolados de outros grupos (Mayr, 2007). Embora seja um dos conceitos mais conhecidos, e

recomendado para a comunicação com público em geral³, não é universalmente aceite, uma vez que apresenta limitações, tais como não se aplicar a organismos assexuais ou a populações fósseis. No sentido de ultrapassar estas limitações foi proposto por George Simpson, co-autor da Síntese Moderna, o conceito evolutivo e mais recentemente o conceito filogenético que define espécie como o menor grupo monofilético com um ancestral comum (Mayr, 2007).

A distribuição atual dos seres vivos é determinada por diversos fatores, entre os quais: os limites de tolerância de dada espécie quer a fatores bióticos quer abióticos, fenómenos biológicos (a extinção, a vicariância e a dispersão) e fenómenos geológicos (glaciações e transgressões e regressões marinhas).

Os conceitos fundamentais relacionados com a distribuição geográfica de espécies e os seus padrões são:

1) gradientes de variação global da biodiversidade - padrão geral de diminuição da biodiversidade (terrestre e marinha) com o aumento da latitude, sendo máxima nas zonas próximas do equador; nos ambientes terrestres verifica-se igualmente uma tendência de diminuição da biodiversidade com o aumento da altitude;

2) distribuição neutral das espécies - de acordo com a teoria neutral da biodiversidade, a distribuição da biodiversidade está dependente de fatores de dispersão dos seres vivos que depois se estabelecem aleatoriamente em determinadas regiões;

3) especiação por vicariância - fenómeno associado ao aparecimento de duas ou mais espécies distintas, a partir de uma espécie ancestral, devido ao surgimento de uma barreira geográfica que divida duas populações desta espécie, eventualmente irá evoluir para duas espécies distintas; e as novas espécies que entretanto apareceram constituem endemismos (se não existirem em mais nenhum local);

4) especiação por dispersão - mecanismo de especiação em que uma espécie inicialmente confinada a uma determinada área se consegue expandir para além desta, em caso de isolamento, as populações das novas localidades poderão originar novas espécies;

5) extinção - alguns padrões de distribuição atual explicam-se pela extinção em alguns locais de determinadas taxa, por ex. alguns autores sugerem que os *Marsupiais* têm a sua distribuição confinada, por se terem extinguido em outras regiões do globo.

Enquanto o estudo de limites de tolerância de dada espécie quer a fatores bióticos quer abióticos é do domínio da Ecologia, e em particular da Ecofisiologia, o estudo do papel da vicariância e da dispersão na formação de novas espécies e de padrões de biodiversidade pertence à Biogeografia. Esta ciência - Biogeografia - recorre a diferentes metodologias, como a análise espacial e a modelação estatística, mas também análise de registo fóssil, dados paleogeográficos, história geológica e filogenias.

³ <http://evolution.berkeley.edu/evosite/evo101/VA2OtherSpeciesConcept.shtml> (acedido a 01/2013).

2.2.2. Biogeografia

Darwin descreveu que associada à presença de qualquer barreira geográfica surgia a presença de organismos muito diferentes de um lado e do outro da barreira; isto é, a variabilidade entre espécies de uma dada região era menor do que entre espécies de regiões geográficas diferentes. Por exemplo, nas aves corredoras, as semelhanças entre as duas espécies de Ema, da América do Sul, são superiores do que relativamente à Avestruz (Darwin, 1859). Darwin notou igualmente que a variabilidade entre espécies insulares e continentais estava correlacionada com a distância das ilhas relativamente ao continente e descreveu a elevada frequência de espécies invulgares, endémicas, nas ilhas (Darwin, 1859).

Darwin referiu várias espécies nos capítulos referentes à distribuição geográfica de espécies da sua obra “A origem das espécies”, mas considera-se que atribuiu uma grande importância às duas espécies de emas na América do Sul e outra espécie semelhante em África - a avestruz - por as considerar uma forte evidência contra o criacionismo. A escolha destas aves (pertencentes à super-ordem *Paleognathae*) para a presente I-A também se baseou no facto de a sua distribuição geográfica ocorrer no Hemisfério Sul que se sabe ter uma história geológica mais simples, sendo resultante de processos tectónicos de subdivisão progressiva de porções continentais. Algumas barreiras geográficas que podem originar isolamento geográfico, e consequente aparecimento de novas espécies (especiação alopátrica) são: surgimento de elevações ou montanhas, oceano ou glaciário que separa regiões, grandes rios (Darwin refere que as duas espécies de Emas estão separadas pelo rio Negro, na América do Sul), subida do nível do mar isolando porções de território, aparecimento de uma ilha vulcânica ou fragmentação de um supercontinente (por ex. Pangeia).

Atualmente é possível estudar as distribuições geográficas acedendo a bases de dados disponíveis on-line, tais como: IUCN Red List of Threatened Species, Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e Encyclopedia of Life (EOL). Estes websites disponibilizam mapas simplificados de distribuição geográfica das espécies, assim como informações taxonómicas e sobre o seu estado de conservação. Alguns destes websites também disponibilizam dados georeferenciados, isto é, que podem ser importados por software como Google Earth⁴, e visualizados como uma camada sobreposta no globo 3D. Assim, estas bases de dados constituem importantes recursos, por exemplo, para representar a distribuição geográfica das três espécies referidas por Darwin (Fig. 2.6).

⁴ Google Earth, disponível para descarregar em www.google.com/earth (acedido a 11/2012).

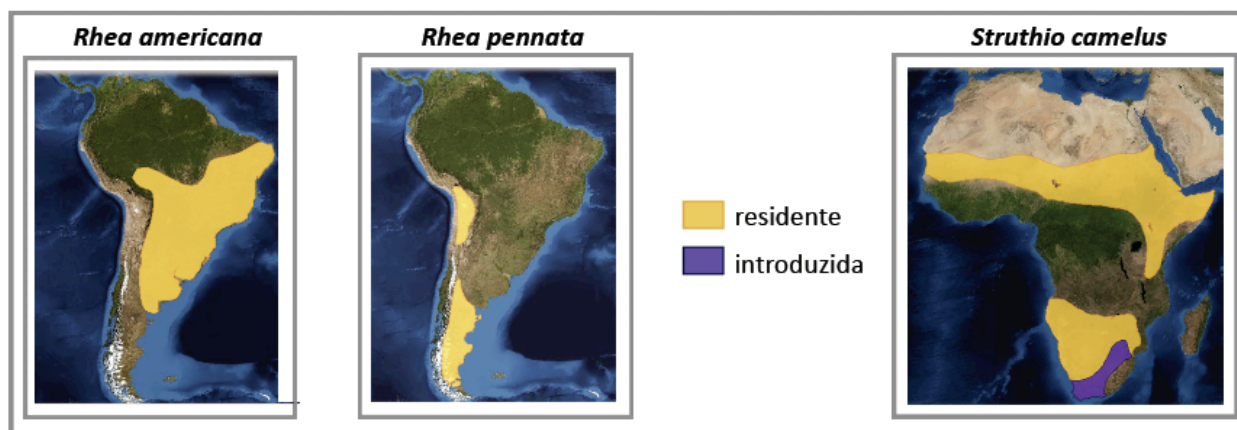


Fig. 2.6 - Distribuição geográfica das espécies *Rhea americana* (Ema), *Rhea pennata* (Ema de Darwin) e *Struthio camelus* (avestruz), com distinção de áreas geográficas em que as espécies são nativas e residentes (a amarelo) e introduzidas (roxo) com recurso à base de dados IUCN Red List of Threatened Species, usando o Google Earth.

Alfred Wallace foi um dos pioneiros da Biogeografia, que estuda os padrões de distribuição das espécies e dos fatores que os determinam, sendo fundamental para poder prever alterações futuras da biodiversidade, a nível local e global, assim como para gerir estratégias da sua conservação. Durante o ano de 2013 houve comemorações, por todo o mundo, do trabalho de Wallace por se tratar do centenário do seu falecimento e, por isso, a consulta das suas obras tornou-se mais fácil porque disponível on-line e com acesso livre⁵.

Wallace foi um dos co-autores da Teoria da Evolução por Seleção Natural (Darwin & Wallace, 1858). Wallace tentou relacionar a história geológica com a ancestralidade comum e em 1863⁵ foi responsável pelos primeiros estudos biogeográficos elaborando um mapa de regiões zoogeográficas (Fig. 2.7) com base na distribuição geográfica no presente (à data)⁶.

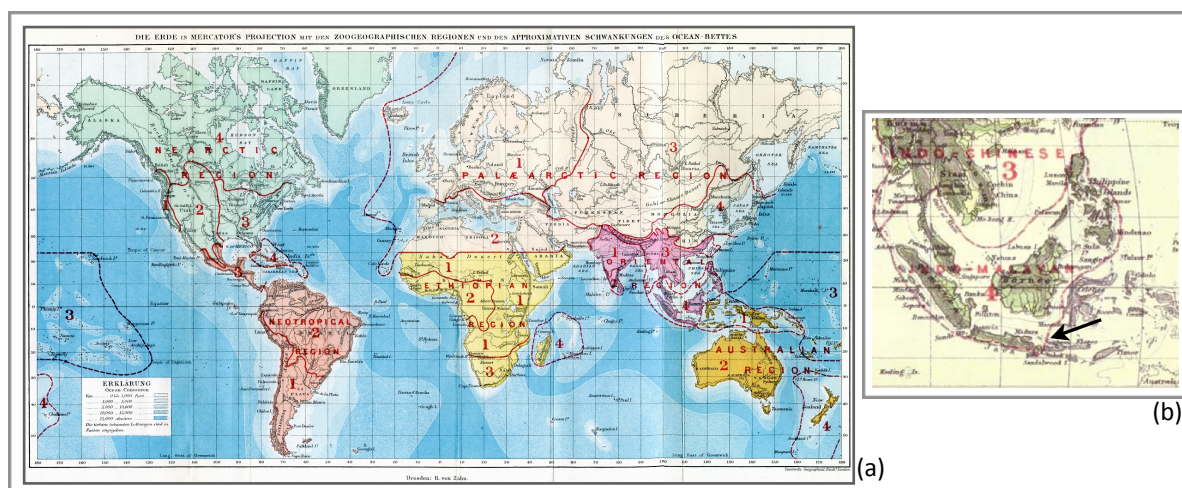


Fig. 2.7 - Mapa representando as seis regiões biogeográficas (a) e detalhe do mapa (b) representando a linha de Wallace representada a vermelho, assinalada com seta (Wallace, 1876).

⁵ <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/science-of-natural-history/wallace/index.html> (acedido a 11/2013); e <http://wallacefund.info/> (acedido a 11/2013).

⁶ <http://macroecology.ku.dk/resources/wallace> (acesso 06/2013).

Neste mapa foi o primeiro a propôr a definição de uma linha - atualmente designada linha de Wallace - que representa uma descontinuidade entre a fauna existente na Ásia e na Austrália e que separa um conjunto de ilhas, Bali (a oeste) e Lombok (a este) do Arquipélago da Indonésia muito próximas do ponto de vista geográfico, com clima semelhante, mas cujos seres vivos diferem bastante. Wallace refere que as faunas são tão distintas nesse Arquipélago como entre a América do Sul e África e mais distintas do que entre a América do Norte e a Europa (Wallace, 1858)⁷. Assim, segundo Wallace estas regiões teriam de pertencer a um mesmo continente que numa época geológica recente que se teria fragmentado ou teria de existir algum tipo de ligação terrestre⁸. Atualmente sabe-se que a história geológica da região explica este padrão, uma vez que envolveu a colisão de duas placas, Australiana e Euroasiática, iniciada há 15Ma e com formação de várias ilhas, entre as quais Bali (há 15Ma) e Lombok (há 8Ma); enquanto as ilhas a oeste pertencem à plataforma continental da placa Euroasiática, as ilhas a este pertencem à plataforma continental da placa Australiana (Metcalf, 2011; Hall, 2011).

Recentemente foi publicada uma atualização das regiões zoogeográficas de Wallace recorrendo a informações filogenéticas que permitem quantificar afinidade entre espécies, neste caso de anfíbios, aves e mamíferos não marinhos, num total de 21037 espécies de vertebrados (Holt *et al.*, 2013). Assim, é possível definir 20 regiões zoogeográficas e 11 maiores reinos (Fig. 2.8) e o mapa obtido tem grandes semelhanças com o de Wallace, mas também algumas diferenças entre as quais a definição de um único reino Paleártico (incluindo a região Mediterrânica definida por Wallace) e a distinção de dois reinos (australiano e oceaniano) correspondendo à região Australiana na Fig. 2.8 (Holt *et al.*, 2013).

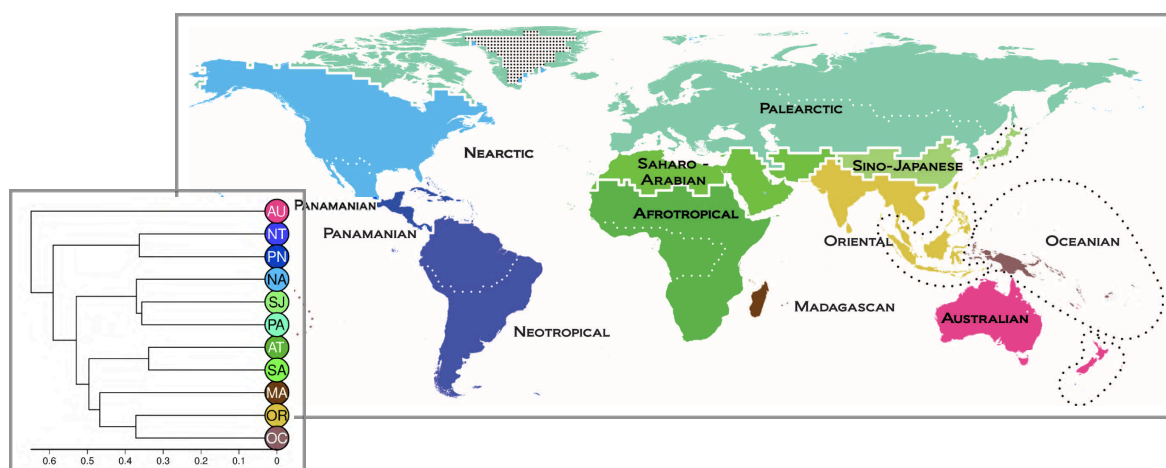


Fig. 2.8 - Mapa dos reinos zoogeográficos terrestres e regiões do mundo (à direita) definidos por análises filogenéticas, e correspondente árvore filogenética (à esquerda), adapt. de Holt *et al.* (2013). As linhas descontínuas representam as regiões zoogeográficas e linhas contínuas definem os reinos zoogeográficos, as cores representam a modificação para reinos das diferentes regiões previamente identificadas.

⁷ De uma carta de Wallace para Henry Walter Bates, em 1858, publicada em livro intitulado *Alfred Russel Wallace: Letters and Reminiscences*, disponível em <http://wallacefund.info/wallace-quotes> (acesso 09/2013).

⁸ <http://www.theborneopost.com/2011/08/14/toeing-the-wallace-line/#ixzz2mVncvpoS> (acesso 09/2013).

Relativamente à linha de Wallace obtiveram a mesma localização geográfica quando apenas recorreram aos dados filogenéticos das espécies de aves (Holt *et al.*, 2013).

2.2.3. Declínio e conservação da biodiversidade

O número de espécies descritas e classificadas tem vindo a aumentar, contudo muitos cientistas receiam que estejam a extinguir-se espécies sem terem sido sequer conhecidas pela humanidade. As alterações provocadas pelo ser humano constituem novas pressões seletivas sobre outras espécies que conduzem a respostas adaptativas ou então à extinção. No período de tempo em que vivemos atualmente a maioria dos processos biológicos são dominados pelo ser humano e por isso tem sido denominado Antropocénico (Crutzen, 2010).

As cinco causas da redução da biodiversidade descritas por vários autores são (Wilson, 2007): poluição, sobre-exploração, perda de habitats, sobre-população e introdução de espécies invasoras.

Considerando as taxas de descoberta de novas espécies nos últimos 20 anos, estima-se que se descrevem aproximadamente 6200 ± 820 espécies por ano, e que o número total de espécies seja 8.7 ± 1.3 milhões, sendo que a maior parte são terrestres (sem incluir os procariontes), e que o número de procariontes seja de 10 milhões a mil milhões, existentes nos ambientes terrestre, aéreo e aquático (May, 2011).

Eventualmente, todas as espécies se extinguem, ou evoluem, dando origem a novas espécies, e durante a história da Terra aconteceram vários momentos de extinção em massa, no entanto, os biólogos estimam que diariamente, até 200 espécies sofrem extinção prematura devido, essencialmente, à ação humana. A taxa de extinção de espécies de aves e mamíferos que se registou no último século foi aproximadamente mil vezes superior relativamente à taxa determinada pelo registo fóssil dos últimos 500 milhões de anos (May, 2011).

O ser humano sentiu necessidade de conservar a biodiversidade, tomando várias medidas, nomeadamente a criação de áreas protegidas. Um conceito associado aos locais de maior diversidade é o de *hotspots* - ou hotspots biológicos ou hotspots de biodiversidade - denominado por Norman Myers. São os locais que cumprem dois critérios (Conservation International, 2013): conter pelo menos 1500 espécies de plantas vasculares endémicas e ter perdido mais de 70% do seu habitat original. Segundo alguns autores constituem os centros onde ocorre evolução e outros cientistas observaram a correlação entre a diversidade aí encontrada e a ocorrência de endemismos. Estão descritos como locais associados a perturbações ambientais moderadas, por vezes responsáveis por fragmentação de habitat, como incêndios e períodos de seca no Verão, sismos e erupções vulcânicas. Trata-se de um conceito fundamental em termos de conservação, uma vez que estas 34 regiões (Fig. 2.9) devem ser o foco dos esforços conservacionistas porque contêm mais de 50% do património biológico mundial (aproximadamente 2,3% superfície terrestre com >50% de todas as espécies conhecidas) e estão sujeitas a forte pressão humana.

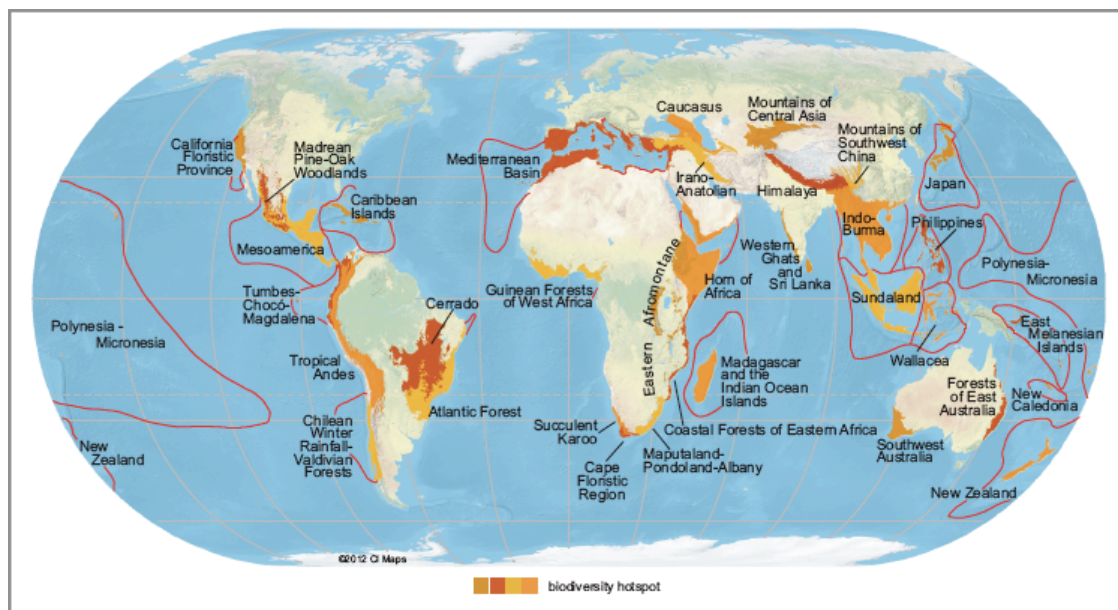


Fig. 2.9 - Mapa mundial dos hotspots de biodiversidade (in Conservational International, 2013).

2.2.4. Síntese Moderna da teoria da evolução

A Síntese Moderna da Teoria da Evolução integra a Teoria de Evolução de Darwin e descobertas provenientes de diversas ciências, tais como: Genética mendeliana, Paleontologia, Sistemática e Genética populacional. Na realidade existiram várias sínteses, resultantes de diversos trabalhos de diferentes cientistas, contudo aquela referida como Síntese Moderna é o resultado da agregação de diversos trabalhos que se subdividem em duas fases (Dronamraju, 2011):

- Haldane (em 1932), Fisher (em 1930) e Wright (em 1931) - na primeira fase de síntese (1918 a 1934) agregando as perspetivas darwiniana e mendeliana focando-se na variação da frequência génica na evolução;
- Dobzhansky (em 1937), Mayr (em 1942), Huxley (em 1942), Simpson (em 1944) e Stebbins (1950) - na segunda fase de síntese.

Outros estudos fundamentais pós-síntese foram os de Ford (em 1975 que definiu polimorfismo genético, nomeadamente de grupos sanguíneos) e os de Kimura (em 1983 pela teoria neutral) que contribuíram para a atual teoria que engloba a evolução molecular (Dronamraju, 2011).

A Síntese Moderna diz-nos que a variação genética é um fenómeno resultante de mutações e recombinação genética e que constitui o principal fator da evolução, a qual ocorre por seleção natural explicada quer por mecanismos genéticos quer por abordagens naturalistas (Mayr, 2007). Acrescenta também que os fatores geográficos desempenham o principal papel na especiação.

Em síntese, apresentam-se as conceções pré-Darwin até à atual teoria da evolução na tabela seguinte (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Conceções pré-Darwin e etapas de modificação do Darwinismo

Datas	Etapas	Acumulação de contributos científicos
até 1859	Fixismo e transformismo (Lamarck)	espécies inalteradas desde a sua criação; e por Lamarck: espécies vão sofrendo alterações por adaptação (determinística) às condições ambientais
<i>mudança de paradigma</i>		
1859	Darwinismo	evolução de populações e seleção natural
1883-6	Neo-darwinismo (Weismann)	diploidia e recombinação genética
1900	Mendelianismo	hereditariedade de genes
1918-1934	Síntese moderna - 1ª fase	variação da frequência génica
1937-1950	Síntese moderna - 2ª fase	Paleontologia, Sistemática, híbridos e poliploidia em plantas, Biogeografia
1950-1970	pós-síntese	evolução associada a processos estocásticos, equilíbrio pontuado
1965-presente	Evolução molecular	Polimorfismos e teoria neutral

Fonte: Dronamraju (2011).

A síntese moderna da evolução continua a ser refinada desde o estabelecimento em 1950 e vários autores consideram que a teoria de Darwin está na sua essência correta e que se tratou do passo mais importante, considerado como de mudança de paradigma: ideias fixistas substituídas por ideias evolutivas. Posteriormente a sua teoria foi complementada por estudos de diversas disciplinas que constituem apenas uma acumulação gradual de factos científicos não constituindo uma revolução como definida por Kuhn (Dronamraju, 2011, p149).

2.2.5. Classificação da biodiversidade

Os sistemas de classificação, em vigor atualmente, são sistemas de classificação filogenéticos, uma vez que se baseam na história evolutiva dos taxa, incorporando conceitos de evolução e de árvore da vida, enquanto os sistemas de classificação anteriores a Darwin eram fenéticos, baseados apenas em características morfológicas (que podem resultar de convergência evolutiva).

O desenvolvimento da tecnologia assume uma grande relevância no contexto dos sistemas de classificação, incluindo os avanços conseguidos na identificação de novas categorias de seres vivos (Reinos), tais como protozoários e bactérias com recurso à microscopia óptica e, posteriormente, à microscopia eletrónica, respetivamente. Também os métodos de identificação de espécies baseados em técnicas de Biologia Molecular, como a sequenciação do DNA, e o código de barras molecular (“barcode of life”) têm permitido importantes avanços. Atualmente estima-se que a identificação da totalidade das espécies demorará 480 anos (May,

2011); contudo, se implementados novos métodos taxonómicos, com recurso à Biologia Molecular, nomeadamente o código de barras da vida será possível uma maior rapidez no processo e possibilitará dentro de um século conhecermos toda a diversidade da Terra (May, 2011).

Na Figura 2.10 estão representados três porções de barcodes de dois exemplares de emas e um exemplar extinto - de museu, voucher - de moa.

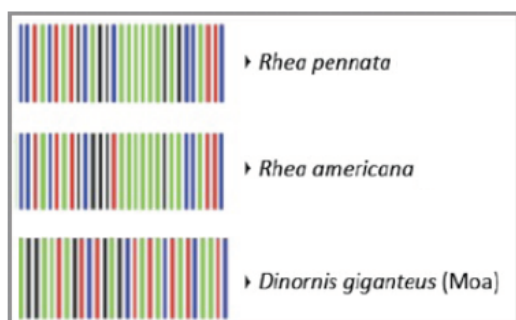


Fig. 2.10 - Porção selecionada de código de barras moleculares ou “barcodes” (nucleotídeo 776 a 806) de: *Rhea pennata* (BOLD:AAF7583), *Rhea americana* (BOLD:AAD5945) e *Dinornis giganteus* (BOLD:AAX9559).

Cada barra corresponde a uma posição nucleotídica no gene CO1, usualmente a cores, A (verde), T (vermelho), C (azul) e G (preto). Fonte: BOLD⁹; EOL¹⁰.

O código de barras molecular consiste numa sequência curta de DNA com localização num dado gene, uniforme para todos os genomas, e que é utilizada para identificar espécies; isto é, cada espécie tem o seu código de barras que é único e exclusivo em todas as fases de desenvolvimento. Para “barcoding” são usados genes mitocondriais, para espécies animais, e também cloroplastidiais para plantas (cpDNA) que, em geral, não sofrem fenómenos de recombinação genética. Para espécies animais é usado o gene responsável pela produção da subunidade 1 da oxidase do citocromo c (CO1) e para plantas, não há consenso, mas uma combinação de dois genes cloroplastidiais, *rbcl* + *matK* tem permitido bons resultados para a maioria das plantas terrestres (de Groot *et al.*, 2011).

⁹ Disponível em: <http://www.barcodinglife.com> (consultado em 02/2013).

¹⁰ Disponível em: <http://eol.org> (consultado em 02/2013).

2.3. Integração Biologia-Geologia à luz da evolução

2.3.1. Supercontinentes, biodiversidade e extinções em massa

Estão descritos na história da Terra episódios de formação de supercontinentes e episódios de fragmentação destes e as consequentes alterações nos processos biológicos e nos ciclos biogeoquímicos que influenciam os seres vivos, contribuindo para diversificação das formas de vida, evolução, e extinções em massa (Fig. 2.11).

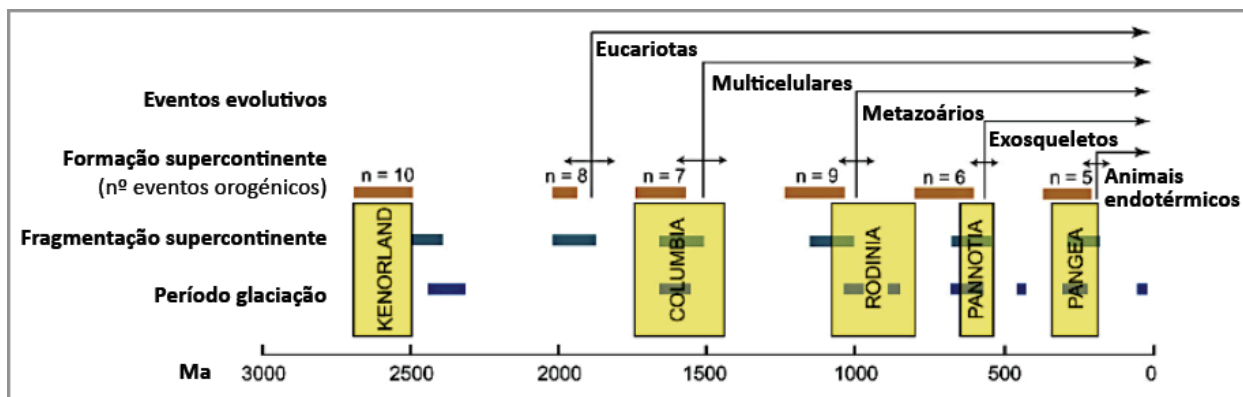


Fig. 2.11 - Comparação entre os eventos da história da Terra e o ciclo dos supercontinentes (Adapt. Nance & Murphy, 2013): eventos evolutivos, formação e fragmentação de supercontinentes e períodos de glaciação.

A extinção em massa mais antiga conhecida, no registo fóssil, ocorreu no final do Neoproterozoico, durante a existência do supercontinente Panótia, com o desaparecimento de mais de 50% das espécies marinhas, geralmente denominadas por “fauna de Ediacara”, devido a redução do teor de oxigénio no oceano (Erwin, 2006). Em seguida, a fragmentação deste supercontinente está associada à “explosão” de biodiversidade do início do Câmbrio e ao aparecimento de animais com exosqueleto e dos primeiros cordados, sendo a fauna dos xistos de Burgess característica deste período (Fig. 2.12).

No final do Paleozoico, há aproximadamente 250Ma, no final do Pérmico (Fig. 2.12), ocorreu a maior extinção em massa da história da vida na Terra - extinguiram-se aproximadamente 90% das espécies - que se pensa ter sido causada por modificações do clima, das correntes e ecossistemas marinhos e diminuição, até 250m, do nível médio das águas do mar devido à formação do supercontinente Pangea e o oceano contínuo Pantalassa, assim como dois episódios de erupção vulcânica gigantesca, há 250Ma na Sibéria e há 258Ma na China (Póvoas, 2011 in Martins-Loução, 2011, p128). Extinguiram-se os grupos de trilobites e graptólitos e dois terços dos grupos de anfíbios e também alguns répteis.

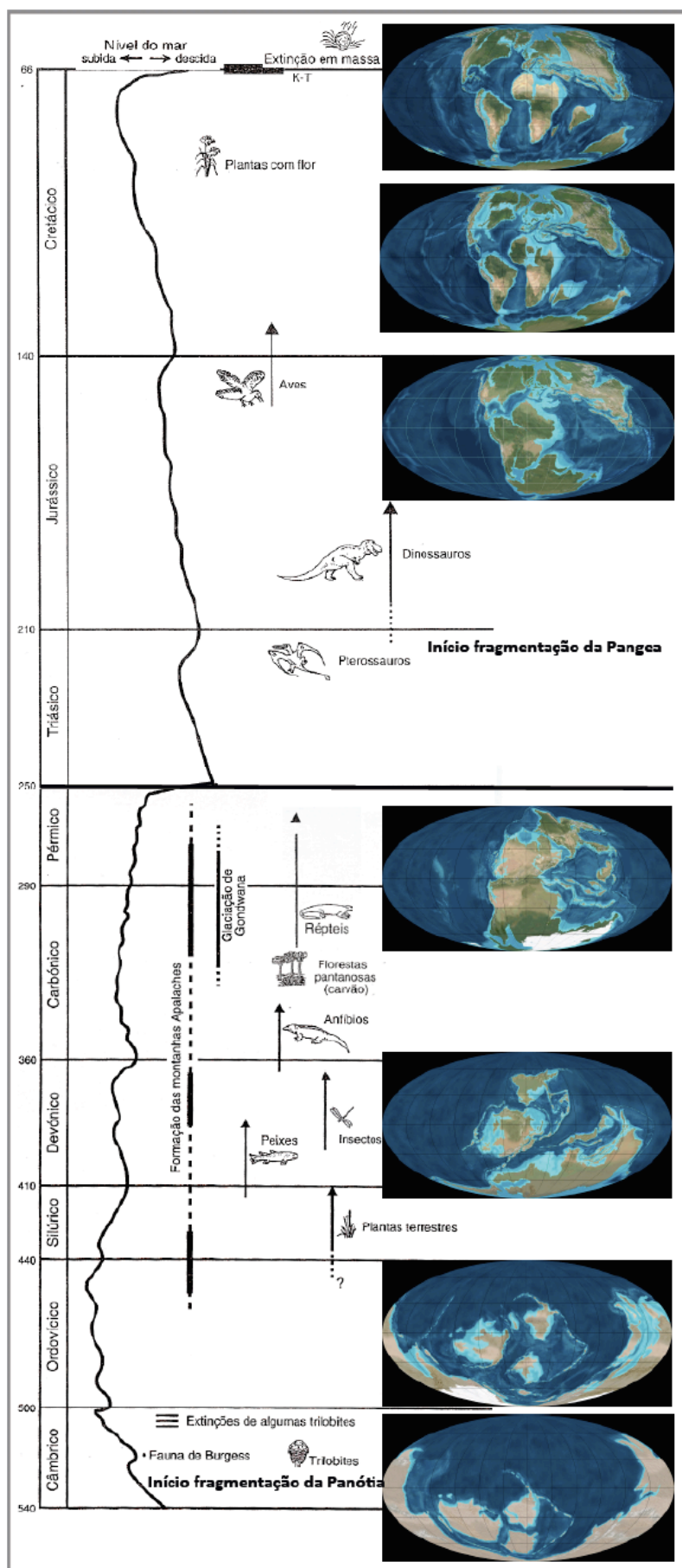


Fig. 2.12 - Eventos da história da Terra e evolutivos na Era Paleozoica (540 a 250Ma) e Era Mesozoica (250 a 66Ma). Adapt. de Macdougall (1998) e Blakey (2011).

Fonte: <https://www2.nau.edu/rcb7/mollglobe.html> (acesso a 10/2013).

O início do Mesozoico é caracterizado por um aumento da biodiversidade, com o aparecimento de peixes e invertebrados de formas modernas. No final do Triásico extinguiram-se cerca de 50% dos géneros e 22% de famílias marinhas, sendo referidas várias causas tais como o arrefecimento global e aumento de atividade vulcânica (Erwin, 2006).

No Jurássico Superior (Fig. 2.12) o Oceano Atlântico está no início da sua formação, em posição central, no equador, com uma porção a norte e outra a sul do mesmo, e separando a Laurásia da Gondwana.

No Cretácico Superior (Fig. 2.12), o Oceano Atlântico sul está no início da sua abertura, a Índia separou-se de Madagáscar e iniciou o seu movimento para norte. A América do Sul iniciou a separação de África enquanto a América do Norte ainda está ligada à Eurásia. O final desta Era, Mesozoico, é caracterizado como a segunda maior extinção em massa, geralmente associada à extinção dos dinossáurios, responsável pelo desaparecimento de 75% dos grupos biológicos e que se considera ter sido causada por impactos meteoríticos e erupções vulcânicas gigantescas há aproximadamente 66Ma.

Até ao presente, durante os 66Ma, as massas continentais continuaram-se a deslocar até às posições atuais, tendo há aproximadamente 30Ma ocorrido a última separação, entre a América do Sul e a Antártica.

Atualmente, considera-se que quando as massas continentais convergem num único supercontinente o NMM diminui, ocorrendo uma regressão marinha (Nance & Murphy, 2013) e consequentemente diminui a biodiversidade marinha, o clima no interior das massas continentais torna-se mais seco e, em geral, ocorre arrefecimento e glaciação globais se os continentes se encontrarem junto dos pólos. Há em geral uma diminuição da biodiversidade por extinção de espécies com habitat na margem dos continentes e nas massas continentais junto aos pólos. Quando ocorre fragmentação de um supercontinente o NMM aumenta, ocorre transgressão marinha e, em geral, a temperatura do mar sobe devido ao desenvolvimento de cristas médias oceânicas, aumentando a biodiversidade marinha e, se ocorrer movimentação das massas continentais em direção ao equador, o clima global torna-se mais húmido e quente e a diversidade de microclimas em cada massa continental aumenta e consequentemente aumenta a diversidade de espécies.

Durante o Paleogénico ocorreram dois episódios de extinções (há 37 e 33Ma) de espécies, principalmente de foraminíferos e de espécies arbóreas, que se pensa ser devido a um arrefecimento global (Póvoas, 2011 in Martins-Loução, 2011).

Há 9Ma ocorreu um novo episódio de arrefecimento global originando a expansão de pradarias e a radiação de gramíneas e desaparecimento de florestas, com consequente extinção de mamíferos herbívoros de grandes dimensões (Ramalhinho, 2011 in Martins-Loução, 2011).

A última extinção em massa, segundo alguns autores, ocorreu no final do Pleistocénico e está associada ao desaparecimento de espécies de mamíferos e aves de grandes dimensões, tendo sido causada pela caça excessiva por populações humanas, havendo, eventualmente, também contributo das glaciações ocorridas.

No presente vivemos na época Holocénico que se iniciou há 11 mil anos, contudo, em 2002, foi sugerido por Paul Crutzen (2010) o uso do termo Antropocénico para designar o intervalo de tempo da Terra durante o qual os processos têm sido dominados pelo ser humano. O ser humano tem interferido em todos os ciclos biogeoquímicos de forma significativa alterando o clima global, o NMM e as paisagens com impacte na biodiversidade. Atualmente, está em estudo, até 2016, por uma comissão (“Anthropocene Working Group”), pertencente à *International Commission on Stratigraphy* da *International Union of Geological Sciences*, a designação de Antropocénico como unidade formal na escala de tempo geológico, considerando-se o início desta época no final do Holocénico (International Commission on Stratigraphy, 2013). O conceito de Antropocénico tem atraído o interesse da sociedade e de cientistas de várias áreas uma vez que integra os diversos tipos de alterações ambientais provocadas pelo ser humano.

2.3.2. Evidências paleobiogeográficas

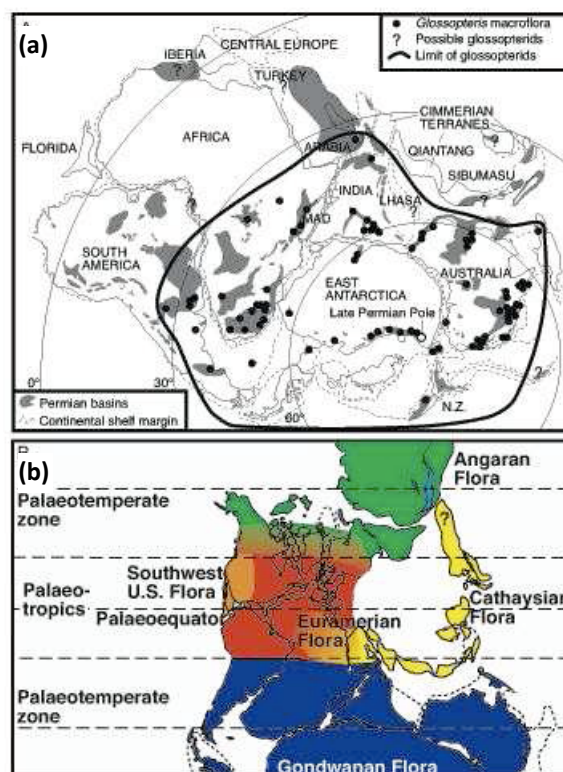
Os estudos de distribuição geográfica de algumas espécies animais constituíram um dos focos de atenção de Wegener.

Wegener refere um pequeno réptil aquático, *Mesosaurus*, cujos fósseis são encontrados no Pérmico da América do Sul e de África (Wegener, 1929 p98). Outros fósseis que descreveu são o de um réptil terrestre do Triásico - *Lystrosaurus* - cujo fósseis se encontram em África, na Índia e na Antártida e os de uma espermatófita primitiva - *Glossopteris* (Fig. 2.13) - do Carbónico e do Pérmico, encontrados na América do Sul, África, Índia, Austrália e Antártida (Wegener, 1929 p108).

Fig. 2.13 - Reconstituição da posição dos continentes durante o Pérmico:

(a) Distribuição de formações geológicas contendo fósseis de *Glossopteris* - locais definitivos, com círculos, locais possíveis com pontos interrogação - (McLoughlin 2001; McLoughlin, 2011).

(b) Reconstituição de províncias paleoflorísticas durante o Pérmico, e identificando a azul a área onde se encontrava a flora de *Glossopteris* e representando as restantes cores os diferentes conjuntos florísticos contemporâneos (McLoughlin, 2011).



A **superordem Paleognathae** (“old jaws”) inclui as *Ratites* - aves corredoras sem capacidade de voar - tais como ema, avestruz, emu, casuar, kiwi, moa, ave-elefante, e os *Tinamiformes* que possuem reduzida capacidade de voar em distância. A ave-elefante é uma *Ratite* gigante extinta, por ação humana, desde o século XVII e que existia em Madagáscar, e a moa, também é uma *Ratite* extinta, que existia na Nova Zelândia.

A distribuição atual das *Ratites* e *Tinamiformes* é explicada, principalmente, por fenómenos de vicariância associados à fragmentação da Pangeia, mas também por dispersão e extinção de espécies confinadas à mesma região (Lieberman, 2005; Harshman, 2008). Pelo menos sete equipas de cientistas definem as relações filogenéticas como representado na Fig. 2.14, mas a idade dos eventos de divergência (nós) não é consensual e por isso optou-se por apresentar estudos que analisaram genomas mitocondriais completos (Baker & Pereira, 2009; Cooper *et al.*, 2001; Haddrath & Baker, 2001).

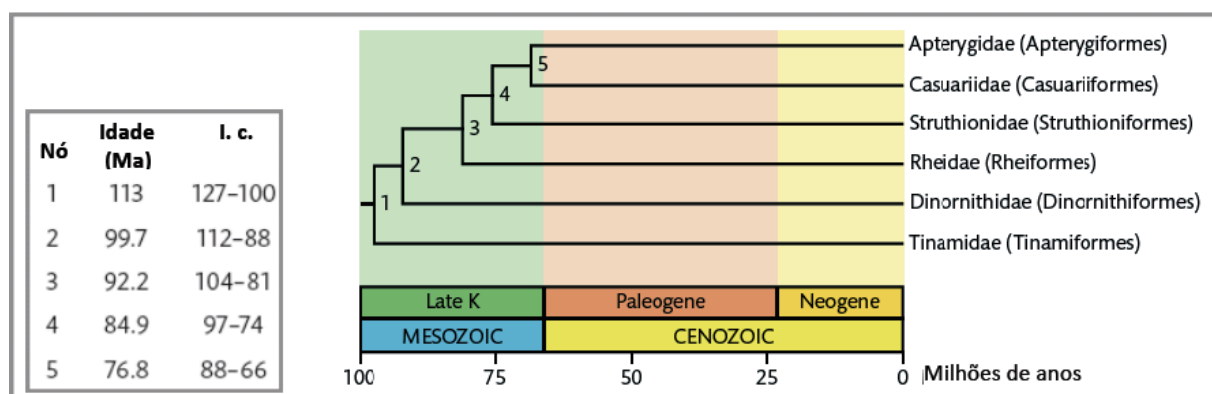


Fig. 2.14 - Árvore filogenética de *Ratites* e *Tinamiformes* - Superordem *Paleognathae* - (à direita) e idades de divergência de cada nó da árvore (à esquerda) com respetivo intervalo de confiança (I. c.). Adapt. de Baker & Pereira (2009) e Pereira & Baker (2006).

A origem monofilética das *Ratites* está ainda associada a alguma controvérsia sendo consensual que os emus (*Dromaiidae*) e os casuares (*Casuaridae*) são os grupos evolutivamente mais próximos e no grupo mais próximo destes se incluem os kiwis. Relativamente à relação dos *Tinamiformes* e dos *Struthioniformes* com os restantes grupos há várias hipóteses explicativas sendo considerados *outgroups* em algumas análises.

Um estudo molecular recente, que analisou o genoma de aves, isto é, 27 genes nucleares e 27 retroposições, propõe que a história evolutiva dos *Paleognathae*, grupo parafilético (monofilético excepto avestruz) inclui 3 eventos de vicariância e 2 eventos de dispersão (Haddrath & Baker, 2012). O primeiro evento de vicariância terá ocorrido há 97Ma quando a avestruz divergiu de todas as outras espécies de *Paleognathae* (Fig. 2.15) que coincide com o início da fragmentação da Pangeia, e separação do continente africano do continente sul-americano.

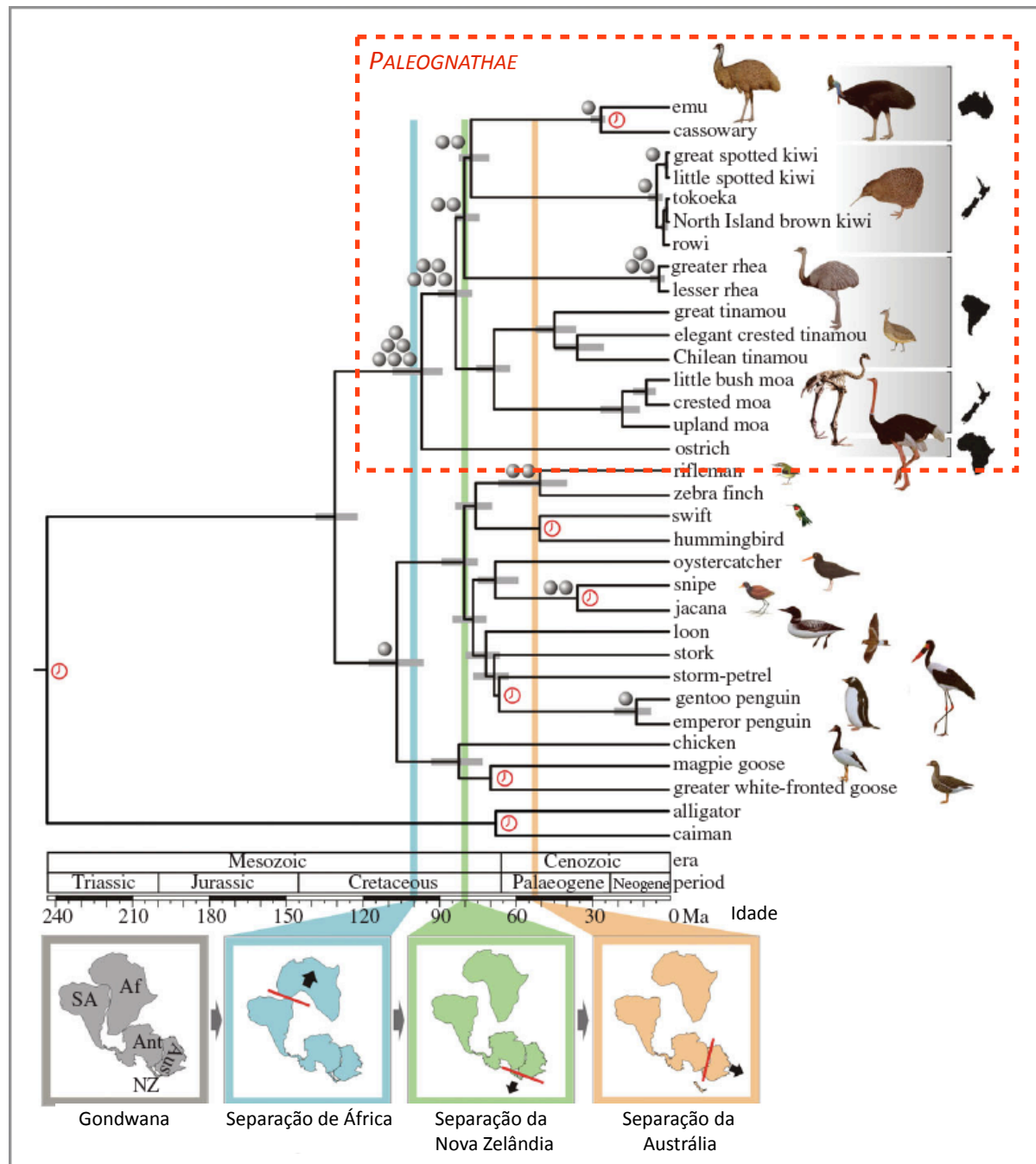


Fig. 2.15 - Árvore filogenética resultante de análise de multi-locus e retroposições das Aves, cronograma e representação de localização geográfica dos eventos; os pontos de calibração paleontológica estão representados por relógios vermelhos (adapt. de Haddrath & Baker, 2012).

O segundo evento de vicariância ocorreu aquando da separação da Nova-Zelândia, há 78Ma com a divergência do kiwi (existente na Nova-Zelândia que se separou) em relação aos emus e casuar. O terceiro evento ocorreu há aproximadamente 5Ma, num período de tempo de ciclos de glaciação e aquecimento frequentes (Haddrath & Baker, 2012), com fragmentação de habitat aquando da eventual formação do Rio Negro, que terá sido responsável pela especiação alopátrica de *Rhea* sp..

Para explicar a divergência entre moas e *Tinamiformes*, há 84Ma, estes autores sugerem um evento de dispersão a partir da Nova-Zelândia que permitiu aos *Tinamiformes* chegar ao continente sul-americano.

2.3.3. A integração Biologia-Geologia no ensino da evolução

Há consenso na comunidade científica sobre o facto de a principal causa da diversidade dos seres vivos ser a evolução (inicialmente designada, por Darwin, de transmutação) e por isso se considerou relevante abordar a temática da evolução aquando do ensino da biodiversidade, nomeadamente no 7º e 10º anos de escolaridade. A controvérsia reside nos mecanismos evolutivos; isto é, enquanto alguns autores consideram que a evolução ocorre a uma taxa constante - gradualismo - outros consideram que há alterações que se concentram em determinados períodos e caracterizam a evolução como um equilíbrio pontuado (Mayr, 2007).

A importância da interação entre Ciências é evidente na afirmação da Biogeografia que estuda os fenómenos que influenciam a distribuição geográfica das espécies, alguns dos quais são geológicos, como por exemplo a abertura de um oceano, a formação de cadeias de montanhas, as transgressões e as regressões marinhas. Sabe-se que estes fenómenos geológicos poderão provocar a extinção de espécies e/ou o aparecimento de novas espécies e explicam vários fenómenos biológicos, tais como a distribuição geográfica de algumas espécies e as suas relações filogenéticas.

A fundamentação deste projeto relativa ao ensino da evolução é o recurso a uma abordagem diferente da apresentada no programa de 11º ano de escolaridade (Amador *et al.*, 2002) e nos manuais escolares de Biologia que apresentam este tema como resultante de investigação já concluída e numa perspetiva clássica de dicotomia lamarckismo *versus* darwinismo, sem qualquer contextualização histórica do desenvolvimento da teoria ou relação com as descobertas posteriores. Assim, o mecanismo de evolução por seleção natural é abordado de forma simples, para explicar a origem da diversidade de espécies, a nível do 7º ano, enquanto no 10º ano é também abordado, de forma simplificada, o mecanismo de deriva genética (integrante da Síntese Moderna).

2.4. Ensino das Ciências - Problem-based learning

2.4.1. Processo de ensino-aprendizagem da Ciência

O processo de ensino-aprendizagem da Ciência é considerado um conceito tridimensional que inclui três dimensões (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002, p44):

- 1) **aprender Ciência** (aquisição e desenvolvimento de conhecimento conceptual),
- 2) **aprender sobre Ciência** (compreensão da natureza, história e métodos da Ciência, das relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e
- 3) **aprender a fazer Ciência** (desenvolvimento de capacidades de investigação e resolução de problemas).

De acordo com Cachapuz, Praia & Jorge (2002) as três dimensões devem ocorrer simultaneamente, contudo, atualmente, a dimensão *aprender a fazer Ciência* tem vindo a adquirir importância uma vez que é aquela que permite desenvolver as capacidades de raciocínio científico.

Co-existem vários modelos para uma nova didática - com recurso a novas tecnologias - que são classificados em três categorias (Monteiro, Leite & Lima, 2012 in Moreira & Monteiro, 2012, p35): **modelos mais centrados no professor**, em que o professor é o transmissor de informações através de tecnologias, **modelos mais centrados na tecnologia**, em que o professor fornece os conteúdos e a tecnologia tem o papel de transmissora de informação para o estudante que a utiliza, **modelos mais centrados no estudante**, têm por base as teorias construtivistas, em que o estudante tem um alto grau de autonomia, isto é, o estudante está consciente e ativamente envolvido na sua própria aprendizagem mediada por um ambiente organizado pelo professor.

Em finais do século XX viveu-se um momento de mudança de abordagens pedagógicas; isto é, de um modelo centrado no professor para um modelo centrado no aluno. Atualmente está a ocorrer uma mudança de paradigma do processo de ensino-aprendizagem, no âmbito do Construtivismo no Ensino das Ciências Naturais; isto é, o foco do processo é agora a aprendizagem e caracteriza-se pelo papel ativo do aluno na sua própria aprendizagem. Um dos percursores destes modelos de ensino-aprendizagem foi John Dewey (1859-1952), relacionado com o movimento progressivo, que considerava, em 1916, que a educação deveria ser organizada de forma que as “naturais tendências ativas” pudessem ser totalmente conseguidas (Dewey, 1916 in Delisle, 2000). De facto, sabe-se que o ser humano possui curiosidade inata, uma capacidade e desejo naturais de aprender sobre tudo o que o rodeia (National Research Council, 2000). O precursor destes modelos de ensino-aprendizagem na área da Biologia - especificamente Botânica Geral no Ensino Superior - foi J. D. Novak (1932-) que defende uma mudança do Ensino da Ciência de forma a incluir o desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas e a promoção de atitudes científicas como a curiosidade face a fenómenos científicos. As principais metodologias de ensino que usam a resolução de problemas (consideradas metodologias “minds-on”) na aprendizagem podem ser subdivididas em (Novak, 1986; Mintzes, Wandersee & Novak, 2005):

- **ensino por resolução de problemas** – que consiste na sugestão de soluções para problemas e é baseado em conhecimento prévio dos conceitos e raciocínio lógico-dedutivo, geralmente através de problemas fechados;

- **aprendizagem baseada em problemas (ou PBL)**¹¹ – que é caracterizada por ser um processo de aquisição de novos conhecimentos baseada no reconhecimento de uma necessidade de aprendizagem de dado assunto que surge contextualizada por uma situação-problema ou problematizadora¹² fornecida pelo docente/facilitador de aprendizagem.

Estas duas metodologias de ensino podem coexistir no ensino de uma dada unidade temática (Sousa, 2007) considerando que ambas poderão ter o seu momento adequado para ocorrer ao longo do desenrolar do programa (Fig. 2.16).

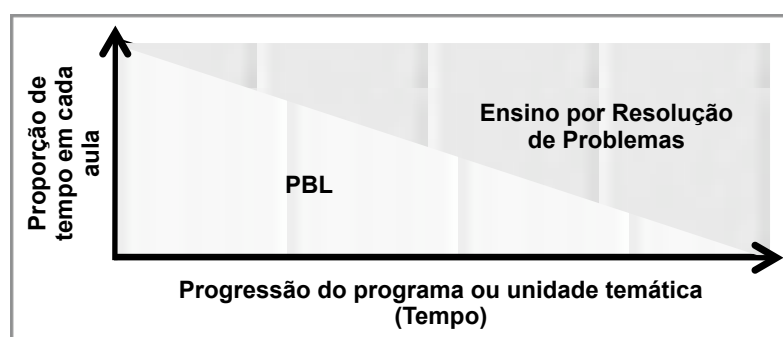


Fig. 2.16 – Proporção relativa de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e Ensino por Resolução de Problemas com a progressão do programa no tempo (Adapt. Sousa, 2007).

Recentemente, vários autores defendem que assim que as crianças adquirem competências linguísticas surge o questionamento sobre tudo o que as rodeia e, por isso, as estratégias de ensino-aprendizagem devem permitir manter ou até desenvolver estas capacidades. Assim, um modelo de aprendizagem baseada na investigação (“inquiry based learning”) será eficaz para atingir este objetivo; neste projeto recorreu-se à PBL, contudo há outros modelos de aprendizagem baseada na investigação e que têm em comum três atributos fundamentais: práticos (“hands-on”), promotores de raciocínio e análise crítica (“minds-on”) e investigativos (“research-based”). Entre o conjunto dos modelos de aprendizagem baseada na investigação distinguem-se, pelo menos três (Delisle, 2000):

- **aprendizagem baseada em problemas** (“problem-based learning”) - aprendizagem que se inicia com um problema pouco estruturado ou estudo de uma situação-problema,
- **aprendizagem baseada em projetos** (“project-based learning”) - os alunos criam um projeto ou apresentação demonstrando a sua compreensão dos assuntos,
- **aprendizagem baseada em design** (“design-based learning”) - aprendizagem baseada na criação de solução para um problema complexo.

¹¹ Do original, em inglês, Problem-based learning (Aprendizagem Baseada em Problemas), também traduzido como “Aprendizagem baseada na resolução de problemas” (ABRP) por outros autores (Vasconcelos & Almeida, 2012).

¹² Segundo alguns autores designado “cenário” ou “caso” (Vasconcelos, 2012).

A criação e implementação de aprendizagem baseada na investigação em sala de aula deve obedecer a oito princípios básicos (segundo a plataforma, disponível gratuitamente on-line, “Galileo Educational Network”¹³): autenticidade, compreensão profunda do tema, compreensão efetiva, avaliação formativa, correto uso da tecnologia, contacto com especialistas e prática científica, sucesso para todos os estudantes (adaptando o ambiente de aprendizagem a cada aluno, “Universal Design for Learning”) e cidadania ética.

A implementação de métodos de aprendizagem baseada na investigação em sala de aula implica uma certa tensão entre regras e liberdade e entre o que é conhecido e o que é desconhecido. Segundo vários autores, o desenvolvimento de competências investigativas necessita de estrutura e limites para ser efetivo, sendo por vezes necessário ao docente/facilitador dizer “ainda não” ou “voltaremos a esse assunto mais tarde” de forma a que os alunos possam participar.

Os modelos de aprendizagem baseada na investigação têm limitações, isto é, não resolvem todos os problemas encontrados no ensino, nem contemplam todos os estilos de aprendizagem, uma vez que alunos individualistas, competitivos e introvertidos podem ter dificuldade em se adaptar à natureza participativa e colaborativa da aprendizagem. Estes modelos geralmente também exigem do aluno uma maior disponibilidade de tempo e dedicação em trabalho extra-sala de aula, e em termos de avaliação estes modelos têm a desvantagem de ser difícil a avaliação individual de cada aluno.

2.4.2. Ambiente de aprendizagem inclusivo da diversidade de estilos de aprendizagem

"Teach me my most difficult concepts in my preferred style.

Let me explore my easiest concepts in a different style.

Just don't teach me all the time in your preferred style, and think I'm not capable of learning."

Virleen M. Carlson (Cornell University, USA).

O ambiente de aprendizagem inclui (Goulão, 2012 in Moreira & Monteiro, 2012, p21): os conteúdos, a forma de ensinar, os recursos didáticos e o enquadramento onde a atividade de ensino-aprendizagem ocorre. O fácil acesso a uma grande quantidade de informações tem vindo a transformar a educação atual no sentido do desenvolvimento de capacidades, nos alunos, de seleção e gestão de informação; sendo o resultado desejado “a construção de estruturas de conhecimento coerentes que acomodam a aprendizagem futura, e não a assimilação de bits de informação” (Garrison & Anderson, 2003 in Moreira & Monteiro, 2012, p42).

Um aspeto importante a considerar na planificação da estratégia educativa a implementar é o facto de existir diversidade na sala de aula, nomeadamente de estilos de aprendizagem, o que poderá implicar o recurso a diferentes estilos para conseguir eficácia do processo para todos os alunos.

¹³ Disponível em <http://galileo.org/> (consultado em 10/2013).

Segundo Gardner (Gardner, 1999 in Silver, Strong & Perini, 2010 p19) o currículo deve ser concebido em torno de tópicos ou fenómenos - que designa de “icebergs” - que constituem fontes de aprendizagem ricas e inesgotáveis, dando o exemplo do tópico evolução, que podem assim ser mais aprofundados e apresentados segundo várias perspetivas fomentando assim a aprendizagem significativa.

No sentido de facilitar a compreensão e a realização de autodiagnóstico existem alguns recursos digitais gratuitos on-line que podem ser usados em sala de aula num curto espaço de tempo e depois explorados em mais detalhe em trabalho extra aula. Aquele que se escolheu é apresentado em português e adequado a adolescentes denominado questionário VARK (www.vark-learn.com). O questionário VARK foi concebido tendo por base as investigações de Bruner (em 1967) e Piaget (em 1990) sobre desenvolvimento cognitivo, referindo que os humanos assimilam o conhecimento do ambiente que os rodeia através de quatro modalidades sensoriais: visual, auditiva, cinestésica (usando tato, olfato e paladar) e visual/icónica (leitura e escrita). Este instrumento é de fácil e rápido uso e compreensão e por isso foi escolhido para o efeito. Os resultados deste questionário permitem aos alunos compreender quais as suas próprias preferências relativas à aprendizagem, nomeadamente, na aquisição e processamento da informação e de comunicação, subdividindo-se nas seguintes categorias: visual, aural/auditiva, leitura/escrita, cinestésica e multimodal. Geralmente os alunos com preferência de estilo visual aprendem melhor através de mapas conceituais e outros organizadores gráficos, o estilo auditivo está associado a aprendizagem preferencial através de lições e conversas, isto é, falando e ouvindo. Nos alunos com estilo preferencial de leitura/escrita a aprendizagem é facilitada quando o input e output são escritos, incluindo textos e powerpoints, enquanto o estilo cinestésico está associado à necessidade de experiências pessoais, concretas, exemplos práticos (reais ou simulados) e aplicações. O questionário VARK permite identificar o estilo de aprendizagem preferencial (ou a combinação de vários no caso de estilo multimodal) e fornece os resultados (“score”) de cada aluno para cada estilo.

Estão descritas várias formas de integrar, na atual perspetiva de aprendizagem ativa e centrada no aluno, os vários estilos de aprendizagem e múltiplas inteligências no processo de ensino-aprendizagem e, por isso, consideramos que é fundamental o papel do professor em promover a metacognição; isto é, ajudando os alunos a conhecer o seu próprio perfil e a desenvolver as competências/inteligências específicas, e em apresentar um ambiente de aprendizagem com várias opções permitindo a escolha pelos alunos de entre vários recursos didáticos que contemplam cada uma das inteligências.

Em estudos recentes verificou-se que aulas PBL suscitaram o autoconhecimento sobre os estilos de aprendizagem e aumentou a motivação dos alunos para melhorar a sua performance (Alkhasawneh *et al.*, 2008). Por isso, este projeto consiste no uso da Aprendizagem Baseada em Problemas no início do processo de aprendizagem, nomeadamente através de situações-problema concretas de História e Natureza da Ciência. Após esta primeira fase, com as competências adquiridas, poderá ser introduzida uma outra metodologia de ensino que usa problemas fechados - o ensino por resolução de problemas - que diversifica o processo de

aprendizagem e melhor se adequa ao reduzido tempo disponível, como já sugerido por vários autores, nomeadamente a Queen's University School of Medicine (Walsh, 2005).

Produziram-se diversos recursos que possibilitaram o desenvolvimento de várias atividades práticas que se realizaram, por turnos, isto é com um total de até 14 alunos na sala, entre as quais se destacam: trabalho laboratorial, trabalho de campo, trabalho de grupo, trabalho prático com software, atividade virtual (com simulação), trabalho prático com puzzle, construção de representações de modelos em plasticina e por desenho. Os mapas conceptuais são considerados estratégias, métodos e recursos e a sua fundamentação teórica é o modelo de aprendizagem significativa de Ausubel (Novak & Gowin, 1988 in Ontoria *et al.*, 2003), por isso nesta ação foram apresentados mapas conceptuais incompletos como método de desenvolver estilos de aprendizagem visuais/icónicos no processamento da informação e como recurso para estruturar aprendizagens.

O enquadramento do processo de ensino-aprendizagem ocorreu em diferentes espaços, nomeadamente numa sala de informática da escola (sala de aula, com uma mesa central que permite que os alunos estejam sentados em círculo, e mesas junto a parede com computadores), no laboratório de Biologia da escola (com bancadas para 2 a 3 elementos/cada) e no exterior (nomeadamente na Praia de Lavadores).

2.4.3. Justificação do modelo de ensino-aprendizagem

Esta dissertação foca-se na investigação-ação sobre um dos modelos mais centrados no estudante, designado Problem-based learning (PBL). A PBL é uma metodologia centrada na atividade do aluno que colaborativamente resolve situações-problema apresentadas pelo professor com o papel de facilitador de aprendizagens (Monteiro, Leite & Lima, 2012 in Moreira & Monteiro, 2012, p40).

O precursor da Aprendizagem baseada em problemas foi Howard Barrows (1928-2011) que aplicou as reflexões de John Dewey (1859-1952) aos seus alunos de Medicina, durante a década de 1960, na Universidade de MacMaster e definiu a PBL como a aprendizagem que resulta do processo de chegar à compreensão ou resolução de um problema. É uma metodologia de ensino-aprendizagem que se baseia na apresentação de uma situação-problema pelo professor, designado por facilitador de aprendizagens, aos alunos. A aprendizagem é realizada pelos alunos, inseridos em pequenos grupos, durante as tentativas de responder a questões-problema incluídas na situação-problema, quer pesquisando fontes bibliográficas, quer planeando e executando atividades práticas, laboratoriais ou de campo. Em sala de aula, o professor atua como um instrutor de metacognição, isto é, coloca questões que obrigam os alunos a raciocínios de ordem superior e cria um ambiente propício ao questionamento pelos alunos.

Os problemas são pouco estruturados e conduzem o currículo e apoiam o desenvolvimento de competências, por exemplo, como sugerido por Barrows, permite a partir de problemas apresentados aos alunos promover a sugestão, por estes, de várias soluções para o mesmo (incluindo respostas a questões, experiências laboratoriais a realizar, etc.), sendo o processo

iniciado pelo professor/facilitador com questões que promovem a metacognição (Walker & Leary, 2009). Resumem-se na Fig. 2.17 os cinco passos executados pelos alunos durante a PBL (ou aprendizagem baseada em problemas).

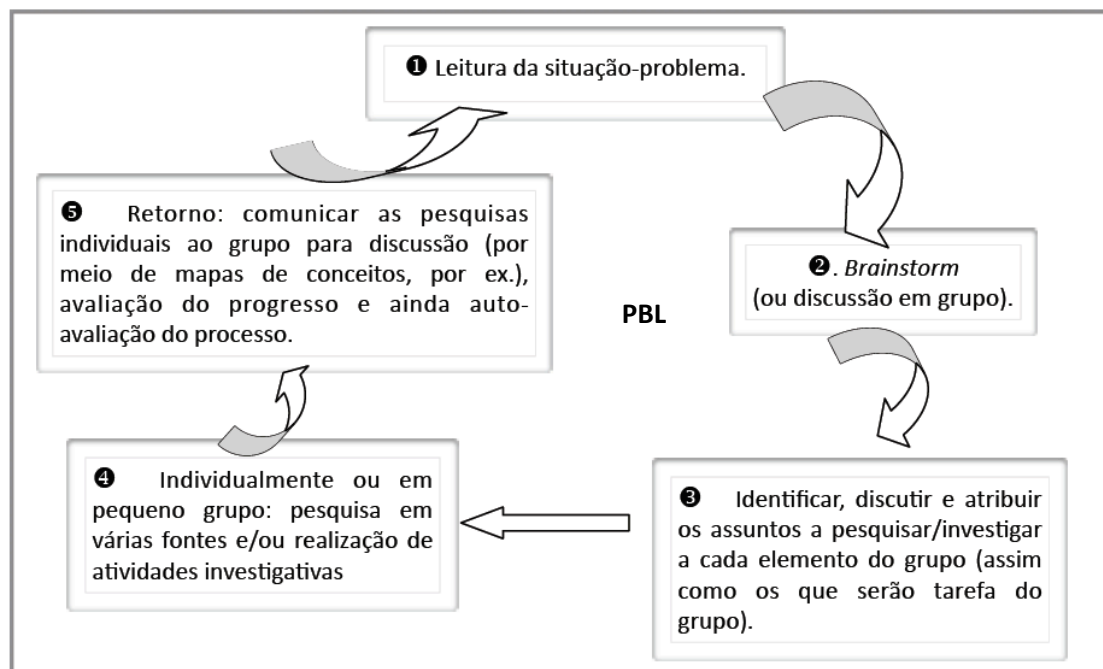


Fig. 2.17 – Descrição dos cinco passos executados pelos alunos na resolução de uma situação-problema, segundo a PBL (Adapt. Walsh, 2005; DiCarlo, 2006; Sousa, 2007).

Assim a estratégia que se pretende implementar encontra-se enquadrada na PBL e será realizada em grupos de 2 a 5 alunos e até ao máximo de 6 grupos em sala de aula (correspondendo ao total da turma ou turno). A PBL clássica defende pequenos grupos de cinco alunos, contudo recentemente vários autores demonstraram ser possível a PBL eficaz em grupos com menor número de elementos (Liu *et al.*, 2012).

A escolha da PBL, para este projeto de Investigação-Ação, baseou-se no facto de que foi previamente implementada, outrora, em aulas práticas de disciplinas lecionadas no Departamento de Botânica da FCUP, sob supervisão científica da Prof.ª Doutora E. Isabel Santos (Sousa, 2007). Assim como em estudos desenvolvidos por outros autores, nomeadamente Savery (2006), que mostraram que os alunos inseridos num processo de ensino-aprendizagem baseado em problemas retêm por mais tempo os conhecimentos após momento de avaliação, em comparação com alunos em aulas clássicas transmissivas, também designadas lições (do inglês “lectures”). Esta escolha também se justifica porque a PBL está descrita como sendo promotora de vários estilos de aprendizagem, de acordo com o modelo VARK, aumentando o número de alunos com o estilo multimodal (Alkhasawneh *et al.*, 2008), assim como se ter demonstrado que esta permite desenvolver competências relacionadas com o processo de investigação, como o pensamento crítico, a criatividade e a metacognição (Aznar & Orcajo, 2005). Uma das competências desenvolvidas considerada fundamental é a metacognição, que

consiste no conhecimento, percepção e controlo da própria aprendizagem dos alunos, de forma a realizarem a mudança conceptual necessária na sua própria rede de conhecimentos anteriores (Mintzes, Wandersee & Novak, 2005).

A PBL tem sido usada ao longo das últimas décadas no Ensino Superior e, portanto, a sua aplicação quer ao 7º ano quer ao 10º ano de escolaridade constitui um desafio, e espera-se que a implementação deste projeto de investigação possa contribuir com algumas sugestões de implementação nestes níveis de escolaridade. A possibilidade de uso desta metodologia em pequenos grupos, flexível no número de participantes, segundo Walker & Leary (2009) ajusta-se às condições existentes nas escolas portuguesas, nomeadamente em trabalhos de grupo-turma (com um turno de no máximo 14 alunos) e subdividindo em mais pequenos grupos de 2 a 5 elementos, no 7º e 10º anos de escolaridade, respetivamente.

A situação-problema construída foi pensada para ambos os anos letivos, com mínimas alterações para obedecer à contextualização curricular em vigor (Galvão *et al.*, 2002; Amador *et al.* 2001), no 7º e no 10º anos de escolaridade. Também se produziram materiais de apoio adequados a cada um dos níveis de escolaridade, no sentido de permitir um andaimamento diferencial para cada nível de escolaridade.

CAPÍTULO 3. METODOLOGIA

3.1. Método: Investigação-Ação

O tipo de investigação desenvolvida foi Investigação-Ação (I-A), uma vez que foi definida como a orientação comum para os alunos do núcleo de estágio 2012/2013 (pelos supervisores da unidade curricular Projeto). A I-A é uma investigação científica sistemática e auto-reflexiva, realizada por práticos com o objetivo de melhorar a prática (McKernan, 1998 in Máximo-Esteves, 2008, p 20). São vários os fundadores da I-A, destacando-se os que geralmente são considerados mais relevantes (Máximo-Esteves, 2008): John Dewey (1859-1952), Kurt Lewin (1890-1947), Paulo Freire (1921-1997) e Donald Schön (1930-1997).

A I-A é caracterizada por um plano de investigação de tipo misto, que engloba métodos quantitativos e qualitativos, e tendo como objetivo resolver problemas concretos no contexto cujos resultados esperados são inovação e/ou mudança de práticas/contexto (Coutinho, 2011). A I-A em sala de aula reconhece a importância do contexto em que as estratégias são implementadas e baseia-se num constante melhoramento das práticas de forma a aplicar em dada realidade específica, sendo por isso ideal para este projeto/período de formação de professores (Coutinho, 2011).

O processo de I-A difere do método científico clássico, uma vez que não existe distanciamento entre o processo de conhecimento e o objeto de estudo, mas existe uma articulação entre os dois componentes. Desenvolve-se segundo uma espiral num sentido de melhoria contínua que se pretende atingir ao longo do período de formação inicial de professores e no decorrer da atividade profissional. Uma vez que a I-A se caracteriza por uma espiral de vários ciclos, toda a reflexão realizada no seu âmbito será traduzida imediatamente em ação, no ciclo seguinte, com benefício para os alunos e para o próprio professor/investigador, permitindo melhorar a prática docente.

O professor/investigador, ao efectuar uma reflexão sobre o modo como decorre a sua atividade docente, está a proceder à recolha de informação válida de forma a fundamentar as estratégias/atividades que irá desenvolver. O conhecimento profissional constrói-se praticando e refletindo sobre o mesmo, contribuindo para aperfeiçoar a sua ação na sala de aula - o professor é caracterizado por ser um “prático-reflexivo” (Schön, 1983 in Máximo-Esteves, 2008, p37). Segundo Luiza Cortesão a formação de um professor como investigador e educador torna possível a gestão da diversidade, presente quer na sala de aula, quer na escola e permite um “aprofundamento da natureza democrática da escola e do sistema educativo” (Cortesão & Stoer, 1997).

Uma vez que a I-A é uma investigação sistemática do que acontece na sala de aula e na qual se utilizam instrumentos metodológicos que são também estratégias de ensino (Máximo-Esteves, 2008, p76, 41), tais como planos de aula detalhados e análise de trabalhos dos alunos, esta investigação poderá contribuir para mudança de abordagens pedagógicas e de conteúdo curricular para a melhoria das práticas quer a nível nacional quer a nível internacional através da discussão dos resultados obtidos com pares e sua divulgação, nomeadamente em congressos.

Abaixo resume-se, de forma esquemática (Fig. 3.1 e Apêndice), a abordagem metodológica do estudo realizado e de acordo com Ioannidou-Koutselini & Patsalidou (2015).

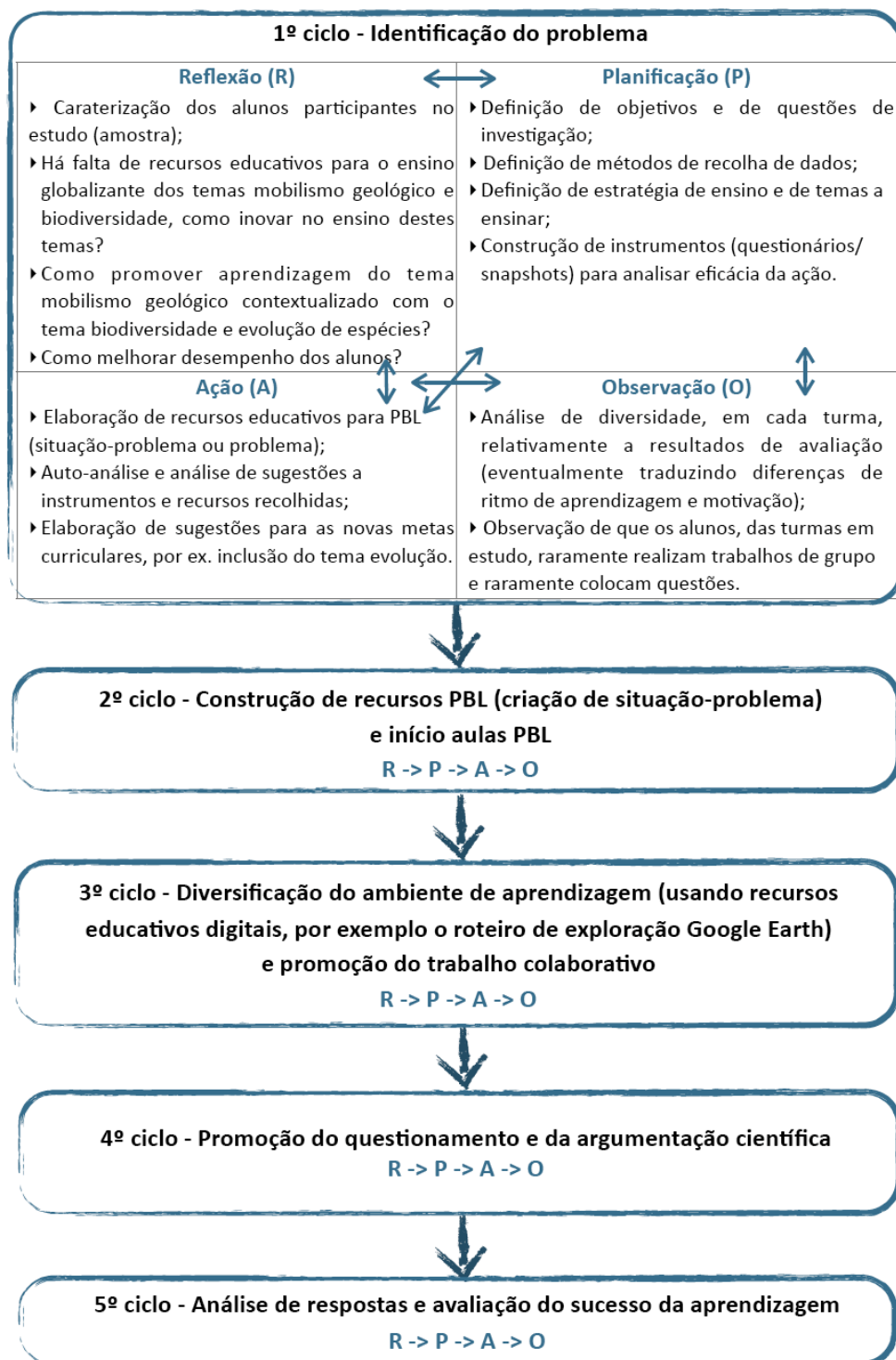


Fig. 3.1. - Esquema da metodologia Investigação-Ação usada, subdividindo-se em ciclos, em contínua melhoria, e cada ciclo subdividindo-se em várias fases: Reflexão (R), Planificação (P), Ação (A) e Observação/Avaliação (O). As setas \longleftrightarrow representam interações que ocorrerem entre as várias fases, eventualmente, nos vários ciclos. O 4º ciclo relativo à turma de 10º ano inclui dois subciclos.

3.2. Fases iniciais da I-A

3.2.1. Caraterização da população

A OCDE (Organization for Economic Cooperation and Development, OECD), em 2000, desenvolveu um programa internacional para avaliar os conhecimentos e competências essenciais para uma participação ativa e completa na sociedade moderna, dos estudantes de 15 anos, no final do ensino obrigatório, de cada um dos países que representam 90% da economia mundial, designado PISA (acrónimo de OECD Programme for International Student Assessment). Este programa avalia a aplicação de conhecimentos e capacidades (a que designa literacia) em Leitura, Matemática e Ciência. Portugal apresenta a média de 489 ± 3.7 pontos para as competências relacionadas com Ciência sendo estatisticamente inferior à média da OCDE de 501 pontos (OECD, 2014). Relativamente às competências relacionadas com a Resolução de problemas, Leitura e Matemática as médias são também inferiores à da OCDE de acordo com o último relatório PISA 2012 (OECD, 2014).

Alguns dos países descritos com média estatisticamente semelhante à de Portugal são (OECD, 2014): Estados Unidos da América, Noruega, Dinamarca, França, Suécia, Itália e Espanha. Também se considera relevante a percentagem de alunos de nível de literacia científica 5 ou superior (numa escala de 0 a 6), no total, em cada um destes países: em Portugal apenas 4.5 ± 0.5 %, enquanto nos EUA é de $7.5 \pm 0.7\%$ e no Reino Unido $11.2 \pm 0.8\%$ (OECD, 2014) - o que poderá indicar a existência de um reduzido *pool* de talentos no futuro em Portugal. Esta situação é também evidente relativamente à capacidade de resolução de problemas, uma vez que em Portugal a percentagem de alunos de nível de 5 ou superior (numa escala de 0 a 6) é de 7.4% e a média da OECD é de 11.4%, sendo por exemplo na Finlândia de 17.1% e nos EUA de 11.6% (OECD, 2014).

3.2.2. Caraterização da escola

A criação da Escola Aurélia de Sousa ocorreu em 1948 vocacionada para a formação feminina, atualmente designada Escola Secundária com 3º ciclo Aurélia de Sousa (ESAS) funciona num edifício escolar que resultou de uma reabilitação no âmbito da Parque Escolar, em 2008, do edifício original construído em 1958, dispõe de vários espaços de qualidade, tais como: salas, laboratórios (2 destinados à área de Biologia e Geologia), gabinetes de trabalho, biblioteca, cantina e espaços de convívio exterior e gabinetes para os Núcleos de estágio.

A sua oferta educativa inclui o 7º, 8º e 9º anos de escolaridade com oferta própria da escola de Educação Cívica. Também oferece Cursos Científico-Humanísticos do Ensino Secundário, de 10º, 11º e 12º anos de escolaridade e alguns cursos profissionais. No total frequentaram a ESAS 1100 alunos (em 2012/2013).

A ESAS foi alvo de avaliação externa, em 2008, pela Inspeção-Geral da Educação tendo sido avaliada com Muito Bom (numa escala de Insuficiente a Muito Bom) em 4 dos 5 domínios, tais como Resultados dos alunos, Prestação de serviço educativo, Organização e gestão escolar,

Liderança e classificação Bom relativamente ao domínio de Capacidade de auto-regulação e melhoria da escola.

A caraterística que ressalta na escola é a experiência profissional do seu corpo docente: sendo aproximadamente 90% do Quadro da Escola e tendo aproximadamente 70% mais de 25 anos de serviço¹⁴. A maioria dos alunos são provenientes de famílias de classes média a média-alta, tendo aproximadamente 30% dos pais/encarregados de educação formação superior e 60% são quadros superiores ou técnicos de nível intermédio.

A ESAS é uma Escola associada da UNESCO; isto é, pertence à Associação de Escolas da UNESCO que incluiu escolas em todo o mundo cujos projetos educativos incluem o ensino de valores, nomeadamente de cultura de paz e temas anualmente definidos pela ONU e UNESCO. Durante o ano letivo 2012/2013 fez-se uma seleção dos dias/temas principais a serem celebrados em atividades com (e para) os alunos.

Relativamente à classificação das escolas nacionais, de um total de 615 escolas de Ensino Secundário avaliadas, a ESAS encontra-se na posição 50 do *ranking* nacional e foi considerada a melhor escola pública do Concelho do Porto (segundo notícia de 13 de outubro de 2012 do JN). Este *ranking* é estabelecido tendo em consideração a média da classificação atribuída aos alunos pela escola e aquela que obtêm nos Exames Nacionais (no caso da ESAS é respetivamente 14,50 e 11,70). Contudo, comparando as classificações relativas à disciplina de Biologia e Geologia e no respetivo Exame Nacional a diferença é superior (15,46 e 10,28 respetivamente) estando na posição 186 do *ranking* a nível nacional.

No ano letivo 2012/2013, a Escola passou por alterações significativas, no âmbito da reorganização da rede escolar através de agrupamento de várias escolas, de educação pré-escolar e de diferentes níveis de ciclos de ensino, que tem vindo a ocorrer a nível nacional pelo Ministério da Educação e Ciência, passando a integrar o Agrupamento de Escolas de Aurélia de Sousa, e a ESAS constitui a sede do Agrupamento que inclui a Escola Básica de 2º e 3º ciclo Augusto Gil, quatro Escolas Básicas de 1º ciclo e três Jardins de Infância.

3.2.3. Caraterização das turmas participantes

Nesta I-A envolveram-se todos os alunos da turma nas atividades organizadas de forma a não privar nenhum dos alunos das aprendizagens, tentando, também, alargar algumas das atividades a mais turmas da escola.

No início do ano letivo as classificações obtidas pelos alunos da turma do 7º ano, relativamente à avaliação do 1º período, resumem-se no gráfico seguinte (Fig. 3.2), salientando-se que apenas 2 alunos obtiveram nível 2 (de 1 a 5), tendo os restantes 24 alunos obtido classificação de nível 3 ou superior.

¹⁴ Fonte de dados: Relatório de avaliação externa (consultado em <http://ae-aureliadesousa.com/>, acedido a 01/2013).
Cristina Sousa (Ano letivo 2012/2013)

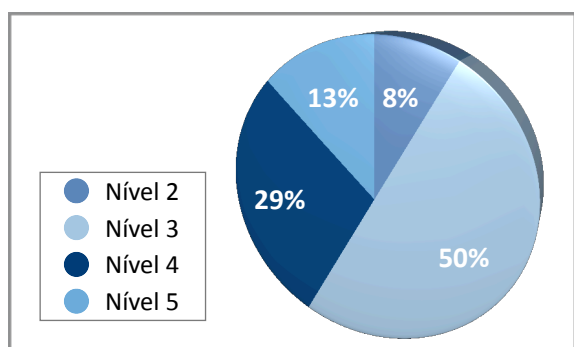


Fig. 3.2 - Gráfico de distribuição dos níveis de classificação dos alunos da turma do 7º ano no 1º período, do ano letivo 2012/2013, de uma escala de 1 a 5. Total de 26 alunos.

No início do ano letivo as classificações obtidas pelos alunos da turma do 10º ano, relativamente à avaliação do 1º período, resumem-se no gráfico da Fig. 3.3.

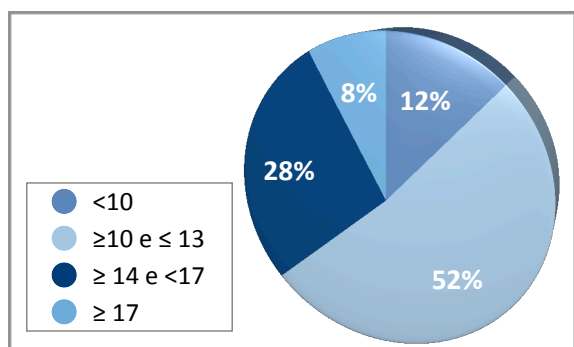


Fig. 3.3 - Gráfico de distribuição da classificação dos alunos da turma do 10º ano no 1º período, do ano letivo 2012/2013, numa escala de 0 a 20 valores. Total de 25 alunos (dos 26 alunos inicialmente pertencentes à turma, um não tem classificação final porque é aluno de ensino doméstico).

3.2.4. Caracterização dos alunos participantes (amostra)

A amostra desta I-A consiste nos alunos que querendo participar na mesma entregaram o documento de consentimento assinado pelo respetivo encarregado de educação, isto é:

- (i) 19 alunos dos quais 13 raparigas e 6 rapazes da turma de 7º ano com 26 alunos (dos quais 16 raparigas e 10 rapazes) com idades entre 11 e 14 anos (média de idades: 12 anos);
- (ii) 20 alunos dos quais 8 raparigas e 12 rapazes da turma do 10º ano de escolaridade com 26 alunos (dos quais 11 raparigas e 15 rapazes), com idades entre 14 e 16 anos (média de idades: 15 anos).

3.3. Reflexões sobre o enquadramento curricular

Selecionaram-se dois temas - biodiversidade e mobilismo geológico - incluídos nos programas definidos pelo Ministério da Educação, atualmente em vigor, e nos manuais escolares, para as disciplinas de Ciências Naturais (3º ciclo do Ensino Básico) e Biologia e Geologia (Ensino Secundário). Ambos os temas são objeto de ensino-aprendizagem para o 7º e/ou 8º ano e para o 10º e/ou 11º ano de escolaridade, mas apesar de serem incluídos no mesmo ano de escolaridade são abordados separadamente e não de forma integrada uma vez que é essa a proposta dos programas e dos manuais escolares.

3.3.1. Contextualização curricular no ensino básico

No âmbito da Revisão da Estrutura Curricular, o Ministério da Educação e Ciência considerou ser necessário o desenvolvimento do novo Currículo Nacional de forma a melhorar o desempenho dos alunos. Para tal revogou o documento “Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais” (DEB, 2001) no Despacho nº 17169/2011 (de 23 de dezembro) salientando que os conteúdos devem ser os elementos essenciais do ensino e que estes se devem centrar em aspetos fundamentais. Contudo mantém em vigor o documento como “orientador de ensino”, até serem definidos novos programas, mas as referências, aí contidas, sobre competências deixam de ser válidas; foi, por isso, este o documento que se usou como base para definir a contextualização.

As Metas Curriculares definidas constituem as aprendizagens essenciais a realizar por todos os alunos e incluem o conjunto de conhecimentos essenciais a adquirir para cada disciplina ao longo de um ano de escolaridade ou ciclo de ensino, assim como as capacidades fundamentais a serem desenvolvidas (Despacho nº 5306/2012). Nestas metas clarifica-se o que nos Programas se deve eleger como prioridade, definindo os conhecimentos a adquirir e as capacidades a desenvolver pelos alunos nos diferentes anos de escolaridade. Em cada ano ou ciclo de escolaridade, para os domínios e, em alguns casos, para os sub-domínios, são definidos objetivos gerais que, por sua vez, são especificados em descritores, segundo a estrutura: Domínio, Sub-domínio, Objetivo geral, Descritor 1, Descritor 2.

As propostas de Metas Curriculares do Ensino Básico para a disciplina de Ciências Naturais foram das últimas a serem elaboradas e estiveram em discussão pública de 6 a 25 de março de 2013 sendo a versão final homologada a 9 de abril de 2013 (ainda sem incluir o 9º ano de escolaridade). Esta versão final integrou os contributos recebidos considerados relevantes pelo respetivo grupo de trabalho e informa na sua introdução que constituirão a partir do ano letivo 2014/2015 um documento normativo de utilização obrigatória¹⁵.

Salientam-se alguns aspetos considerados pontos fortes da definição destas novas Metas, no Despacho nº 5306/2012, tais como:

- (a) a relevância dada à liberdade dos professores para usarem os seus conhecimentos, experiência e profissionalismo para ajudar os alunos a atingirem o seu melhor desempenho;
- (b) o objetivo de definir metas tendo em conta a “formação integral dos estudantes” e “a relevância do ensino para o mundo real” e
- (c) salienta a importância das metas curriculares serem metas essenciais a atingir e que, uma vez alcançadas, “é possível e desejável ir mais além, sendo o professor quem deve decidir por onde e como prosseguir”.

Relativamente às novas metas curriculares o tema “Distribuição geográfica atual de espécies” não está contemplado, significando por isso que a partir do ano de 2014/2015 não é tema considerado obrigatório, provavelmente devido à dificuldade do tema ficará ao critério do professor, dependendo do ritmo de aprendizagem da turma. O tema biodiversidade foi incluído

¹⁵ <http://www.portugal.gov.pt/pt/os-ministerios/ministerio-da-educacao-e-ciencia/documentos-oficiais/20130306-metas-curriculares.aspx> (consultado em 03.2013).

no 5º ano de escolaridade no descritor “11.1. Apresentar uma definição de biodiversidade” e no 7º ano no descritor “3.4. Reconhecer a biodiversidade da vida na Terra, com base em suportes de diverso formato”, assim como no 8º ano, uma vez que este conceito é necessariamente revisitado no “Domínio Ecossistemas”. O tema de evolução não foi inicialmente contemplado nas metas curriculares propostas, por isso se criticou e referiu esta alteração durante o período de discussão pública (Sousa, 2013 em Apêndice) e foi incluído na versão final das metas do 8º ano de escolaridade.

Os temas escolhidos - biodiversidade e mobilismo geológico - estão incluídos no programa da disciplina de Ciências Naturais, atualmente em vigor, para o 7º ano de escolaridade (Tabela 3.1), assim como definido nas novas metas curriculares (Tabela 3.1, linha inferior) para o 7º e 8º anos de escolaridade.

Tabela 3.1 - Contextualização curricular dos temas no ensino básico para cada área científica do projeto.

	Biologia	Geologia
Orientações curriculares	<p>Tema (7º ano): Terra em transformação</p> <p>Sub-tema: Dinâmica interna da Terra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distribuição geográfica atual de espécies (como consequência direta da tectónica e na lógica da evolução da Terra e das espécies) <p>Tema: Terra no espaço</p> <p>Sub-tema: Terra – Um planeta com vida</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condições da Terra que permitem a existência da vida - biodiversidade 	<p>Tema (7º ano): Terra em transformação</p> <p>Sub-tema: Dinâmica interna da Terra</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deriva dos continentes e tectónica de placas - Deriva dos continentes - Tectónica de placas <p>Tema: Terra no espaço</p> <p>Sub-Tema: Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> - breve referência às novas tecnologias que permitiram enunciar a teoria da tectónica de placas
Metas curriculares	<p>Domínio (8º ano): Sustentabilidade na Terra</p> <p>Sub-domínio: Ecossistemas</p> <p>Objetivo geral: 5. Analisar as dinâmicas de interação existentes entre os seres vivos e o ambiente.</p> <p>Descritor 5.6. Relacionar as alterações do meio com a evolução ou a extinção de espécies.</p>	<p>Domínio (7º ano): Terra em transformação</p> <p>Sub-domínio: Estrutura e dinâmica interna da Terra.</p> <p>Objetivo geral: 4. Compreender os fundamentos da estrutura e da dinâmica da Terra.</p>

Fonte: Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares para o 3º ciclo do Ensino Básico (Galvão et al., 2002) e Metas curriculares (Bonito et al., 2013).

Na tabela 3.1, na linha inferior, é apresentada a contextualização curricular de acordo com as novas metas curriculares (Bonito *et al.*, 2013), sendo possível verificar a introdução do conceito de evolução e a sua relação com as alterações do meio, correspondendo ao descritor 5.6 relativo ao 8º ano de escolaridade (obrigatório a partir de 2014/2015 inclusive), enquanto a temática da dinâmica interna da Terra é abordada na sua totalidade no 7º ano de escolaridade (obrigatório a partir de 2014/2015 inclusive).

3.3.2. Contextualização curricular no ensino secundário

Para a planificação das aulas de ensino secundário deste projeto I-A usou-se o documento orientador, que define os conteúdos obrigatórios para a disciplina de Biologia e Geologia - Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, Curso Geral de Ciências Naturais (Amador *et al.*, 2001) - e que é o único disponibilizado pelo Ministério da Educação e Ciência até ao momento para este ano de escolaridade. Os temas escolhidos - biodiversidade e mobilismo geológico - estão incluídos no programa definidos pelo Ministério da Educação, atualmente em vigor, para o 10º ano de escolaridade (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Contextualização curricular dos temas no ensino secundário para cada área científica do projeto.

Biologia	Geologia
Módulo: Diversidade na Biosfera 1. A Biosfera. 1.1. Diversidade. 1.3. Extinção e conservação. - conceitos de espécie e de evolução (sucintamente) como origem da biodiversidade - distribuição de espécies pré e pós Pangeia	Tema I – A Geologia, os geólogos e os seus métodos 4. A Terra, um planeta em mudança. 4.2. O mobilismo geológico. As placas tectónicas e os seus movimentos. - CTS: novas tecnologias que permitem enunciar a teoria da tectónica de placas

Fonte: Programa de Biologia e Geologia, 10º ano, Curso Geral de Ciências Naturais (Amador *et al.*, 2001).

A seleção das temáticas para este projeto de I-A teve por base algumas das orientações definidas no programa, nomeadamente relativas ao tema da diversidade biológica que exprime o “caráter integrador do programa, pois, implicitamente, retém a característica mais abrangente da Vida: a evolução” (Amador *et al.*, 2001, p68). Também em termos de aprendizagens de princípios éticos e atitudes este projeto permite a abordagem dos três considerados principais - valorização da diversidade biológica em todas as suas dimensões, valorização da interdependência ser humano-ambiente e valorização da evolução biológica enquanto processo que causa a biodiversidade - o que permite aprender a valorizar a vida como um todo, respeitando a diversidade dos seres vivos (Amador *et al.*, 2001, p67). O foco deste projeto foi a integração dos temas (Tabela 3.2), uma vez que estes temas são revisitados e aprofundados nas unidades 7 e 8 do Programa de Biologia e Geologia 10º/11º anos. Assim, o tema da evolução biológica é aprofundado na unidade 7 do 11º ano de escolaridade (Amador *et al.*, 2002) recordando e/ou enfatizando o conceito de seleção natural implícito nas teorias darwinistas e neodarwinistas e promovendo a confrontação desse conceito com o de seleção artificial, assim como enfatizando as diferenças entre o pensamento de Lamarck e Darwin. A unidade 8 (11º ano de escolaridade) tem por objetivo recapitular os níveis de organização biológica e aborda a sistemática dos seres vivos e por isso abordou-se apenas um dos sistemas de classificação - sistema de classificação de Whittaker modificado - no contexto de entender a diversidade dos seres vivos, nomeadamente sobre o seu papel nos ecossistemas e tipo de nutrição.

No sentido de familiarizar os alunos com o trabalho de campo de biólogos e geólogos e com os efeitos da intervenção humana em ecossistemas organizou-se uma visita de estudo a uma zona costeira, à Praia de Lavadores. Através de atividades práticas, elaboradas para o efeito, integradas no guião da saída de campo fomentou-se nos alunos a análise crítica sobre a possível evolução dos ecossistemas aí presentes devido às construções de regularização do caudal do rio Douro aí efetuadas; e o papel do ser humano na preservação destes ecossistemas quer por planos de ordenamento, por ex. Plano de Ordenamento de Orla Costeira, quer pela constituição de áreas protegidas como a Reserva Natural Local do Estuário do Douro.

Na componente de Geologia do programa para o 10º ano de escolaridade (Amador *et al.*, 2001, p29) é sugerida uma forma de exploração dos conteúdos que inclui a referência a “mudanças biológicas (evolução dos seres vivos)” e “mudanças geológicas (mobilismo)” que este projeto aborda de uma forma inovadora integrando as orientações dos aspetos a recordar definidos no programa (Amador *et al.*, 2001, p26) nomeadamente que a história da Terra inclui evolução e extinção de espécies. Um dos aspetos referidos no âmbito deste projeto como mudanças geológicas são as transgressões e regressões marinhas que foram alvo de análise crítica em saída de campo a Lavadores, no contexto da observação dos terraços fluvio-marinhos.

3.4. Planeamento da ação

3.4.1. Definição das questões de investigação

Após uma fase de diagnóstico da situação incluindo a análise de manuais escolares e dos currículos nacionais em vigor, formularam-se as seguintes questões de investigação:

- ▶ Como motivar os alunos para a aprendizagem do tema mobilismo geológico, nomeadamente da teoria da deriva dos continentes?
- ▶ Como se pode promover a aprendizagem globalizante dos temas biodiversidade e mobilismo geológico?
- ▶ Como se pode promover a aprendizagem da teoria da evolução nos currículos nacionais?
- ▶ Como se pode implementar a aprendizagem baseada em problemas integrando aspetos de História e Natureza da Ciência no ensino básico e ensino secundário?

3.4.2. Definição dos objetivos específicos

O que se pretende investigar são as potencialidades do ensino integrado dos dois temas - biodiversidade e mobilismo geológico - com recurso a elementos de História e Natureza da Ciência, usando a estratégia PBL. Assim, definiram-se os seguintes objetivos específicos da minha investigação:

- ▶ identificar o papel da aprendizagem baseada em problemas, com recurso a História e Natureza da Ciência - nomeadamente relativas a Alfred Wegener e a Charles Darwin - no processo de aprendizagem dos alunos sobre biodiversidade e mobilismo geológico;
- ▶ sugerir alterações aos programas das disciplinas de Ciências Naturais e Biologia e Geologia no sentido de permitir articulações inter e intradisciplinares;

- ▶ produzir materiais didáticos que possam ser usados no ensino-aprendizagem integrado dos temas mobilismo geológico e evolução;
- ▶ verificar quais as diferenças nas propostas de solução às questões-problema pelos alunos dos dois níveis de escolaridade.

3.4.3. Definição dos métodos de recolha de dados

Usaram-se diversos métodos de recolha de dados em termos de técnicas e instrumentos utilizados com o objetivo de triangulação (Coutinho, 2011):

- método de observação: usou-se a técnica de observação participante com recurso a instrumentos, tais como diário do investigador e escalas de medida;
- método de conversação: usou-se a administração em papel de instrumentos, tais como questionários e snapshots;
- método de análise documental.

Os dados recolhidos foram analisados qualitativamente e quantitativamente usando software adequado (Numbers, iWork, Apple Inc.).

3.5. Instrumentos da I-A

3.5.1. Consentimento informado

A amostra do trabalho de investigação consiste apenas nos alunos cujos Encarregados de Educação assinaram a declaração de consentimento informado, especialmente elaborada para este efeito, para a participação nesta investigação.

3.5.2. Avaliação do processo de ensino-aprendizagem

Elaboraram-se vários instrumentos no âmbito desta I-A, nomeadamente um questionário - para cada ano de escolaridade - que foi aplicado antes da ação, como ficha de avaliação diagnóstica (questionário pré-teste) e, em momento posterior, para avaliar a eficácia da ação (questionário pós-teste).

As respostas foram classificadas em:

- ▶ correta, incorreta e não sabe ou não responde (n.s./n.r.) nos itens de escolha múltipla,
- ▶ completa, incompleta, incorreta e não sabe ou não responde (n.s./n.r.) nos itens de construção.

No sentido de avaliar o processo de aprendizagem, ao longo do tempo, contribuiu-se com algumas questões para as Fichas de Avaliação Sumativa e elaboraram-se questionários/snapshots, respondidos de forma anónima, nomeadamente:

- questionário de contributos para a aprendizagem para o 10º ano (anexo);
- questionário de contributos para a aprendizagem para o 7º ano (anexo);
- questionário de estilos de aprendizagem VARK (disponibilizado on-line em português¹⁶)
- questionário de aprendizagens realizadas para o 10º ano;

¹⁶ Copyright Version 7.1 (2011) is held by Neil D. Fleming, New Zealand, disponível em www.vark-learn.com.
Cristina Sousa (Ano letivo 2012/2013)

- questionário de avaliação pelos alunos do processo de aprendizagem (traduzido de Senocak, 2009).

3.6. Ação

3.6.1. Descrição sumária da ação educacional relativa ao 7º ano de escolaridade

Elaboraram-se vários recursos didáticos que permitem a aprendizagem baseada em problemas dos temas em estudo e que promovem a aprendizagem significativa das várias dimensões da Ciência, nomeadamente dos aspetos de História e Natureza da Ciência. Todos os recursos elaborados e implementados estão contextualizados no problema ou situação-problema elaborada intitulada **Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?**, apresentada aos alunos como Ficha de trabalho - Refletir sobre mobilismo geológico e evolução no centenário da teoria de Wegener (Caixa 3.1).

A mediação foi realizada de forma a conseguir uma ação de ensino-aprendizagem eficaz: inicialmente deu-se a conhecer a situação-problema contextualizando a mesma em notícias, estreia de filme e comemoração do centenário da teoria na escola, demonstrando a relevância para os alunos e motivando-os para o tema. Selecionou-se a porção inicial do filme “Ice Age 4 - Continental Drift” (Fox Film Corporation, 2012) para visualização e discussão crítica.

Em seguida, os alunos em grupos de dois a quatro elementos lêem o problema (Caixa 3.1) e pesquisam no documento fornecido e no manual as soluções possíveis para a questão problema colocada pela professora-investigadora e as questões-problema sugeridas pelo grupo e preenchem uma ficha de trabalho de grupo, de monitorização do processo (Delisle, 2000). Assim, conduziram-se os alunos pelo processo de PBL, encorajando o pensamento crítico e a reflexão, com a questão-problema, e estabeleceu-se o tempo limite para o trabalho de grupo. Monitorizou-se o progresso do trabalho de grupo e ajudou-se cada grupo na identificação dos factos mais relevantes (evitando dispersão). Também se promoveu o envolvimento de todos os elementos do grupo, e a posterior elaboração, no quadro, de mapa de conceitos com a colaboração dos alunos, mediando discussão em grupo-turma, constituindo um andaimamento que se considera adequado aos alunos, de 7º ano.



PROBLEMA: SERÁ A TERRA MUTÁVEL AO NÍVEL GEOLÓGICO E AO NÍVEL BIOLÓGICO?

(I PARTE)

Durante o ano de 2012 comemora-se o centenário da proposta científica mais importante para as Ciências da Terra desde os trabalhos de Hutton!

É o ano do centenário da teoria do mobilismo! Várias iniciativas ocorreram a nível mundial, como por exemplo, a estreia do filme “Ice Age 4 - Continental Drift” (Fig. 1), na escola também houve



Fig. 1 - Uma das cenas do filme Ice Age 4 - Continental Drift.

palestras para comemoração do centenário e houve a publicação de dezenas de artigos em diversas revistas científicas sobre Wegener e o seu trabalho do início do século XX (Fig. 2). Este trabalho tem sido considerado revolucionário e responsável por uma mudança de paradigma. No número especial da revista National Geographic sobre as 100 maiores descobertas científicas que mudaram o mundo



Fig. 2 - Capa da revista Geoscientist de Outubro/2012.

aparece a referência à teoria da deriva dos continentes, e não inclui a teoria da tectónica de placas que é a teoria aceite atualmente.



Fig. 3 - Fotografia de viagem de Wegener (Adapt. Geoscientist).

Alfred Wegener (1880-1930) foi um cientista e uma pessoa excecional. Foi um meteorologista muito apreciado, fez doutoramento em Astronomia e realizou várias expedições à Gronelândia para efetuar medições de profundidade do gelo e outros aspetos relacionados. Contudo, numa destas expedições refletiu sobre uma outra questão que lhe tinha surgido quando observava o mapa mundo... Wegener gostava de atividades ao ar livre e sabe-se que juntamente com o seu irmão, Kurt Wegener, bateu o recorde mundial de voo de balão de 52h30min, começando em Berlim até à área de Spessart, na Alemanha.

Numa carta à sua noiva, Else Köppen, em 1911, Wegener escreve: “O meu companheiro de quarto recebeu o *Andree's Handatlas* (Scobel, 1910) de presente de Natal. Durante horas estivemos a observar os maravilhosos mapas. Um pensamento ocorreu-me: Será que a costa este da América do Sul encaixa na costa oeste da África como se tivessem estado contíguas no passado? Ainda melhor é a complementariedade no mapa batimétrico (...) Terei de estudar este assunto em mais detalhe.” Sabemos pois quando Wegener formulou a sua hipótese!

Em Janeiro de 1912 fez uma palestra, que viria a ficar célebre, intitulada “Ideias novas sobre a formação das grandes estruturas da superfície terrestre (continentes e oceanos) sobre bases geofísicas”. Durante esse ano fez uma outra comunicação “Movimentos horizontais dos continentes” e publicou “A origem dos continentes” numa revista científica. Desta forma, Wegener expõe a sua teoria segundo a qual os continentes atuais estariam reunidos, há aproximadamente 300 Ma, num bloco único, ao qual designou Pangeia. Este supercontinente ter-se-ia fragmentado e, como consequência, os diferentes fragmentos, como icebergs ou jangadas, ter-se-iam deslocado horizontalmente, até às suas posições atuais e que são transitórias.

Wegener teve de enfrentar forte oposição dos defensores das teorias fixistas da época, apesar de ter apresentado vários argumentos provenientes de diferentes ciências, para comprovar a sua teoria, no seu livro publicado em 1915 e, por isso, tem sido comparado por vários historiadores a Galileu. Qual o argumento de Wegener que lhe parece mais convincente? Porquê?

Caixa 3.1. - Parte I do Problema: “Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?”.

Através de algumas sub-questões conduziram-se os alunos pelo processo de PBL, encorajando o pensamento crítico e a reflexão, por exemplo “Quais os argumentos que devemos usar para reconstituir a Pangeia?” - que permitiu introduzir a atividade prática tipo puzzle. Forneceu-se um conjunto de cinco peças a cada grupo para a atividade “Pensar a Pangeia como Wegener” (Sousa, 2013) e pediu-se, aos alunos, que reconstroissem a parte do hemisfério sul da Pangeia e no final desenhassem o contorno do supercontinente obtido. Outra sub-questão colocada pela facilitadora ao grupo-turma “Qual a justificação para o encaixe incompleto dos continentes?” permitiu a discussão em grupo-turma de justificações possíveis para as deficiências no encaixe dos continentes, já referida pela maioria dos alunos durante a atividade (tendo sido explicado que poderiam sobrepor ou deixar pequenos espaços entre as peças de forma a encaixarem o melhor possível). Algumas das causas referidas foram erosão e acreção de terrenos posteriores à fragmentação da Pangeia. No final, analisou-se criticamente a simulação em computador da fragmentação da Pangeia em grupo-turno, salientando-se alguns aspetos, tais como a aproximação dos continentes ao equador e o choque entre a Índia e a Euroásia como responsável pela formação dos Himalaias.

A fase seguinte da ação, na aula seguinte, consiste na passagem da Teoria da deriva dos continentes para a Teoria da tectónica de placas, e, então, avançou-se para a 2ª parte da situação-problema (Caixa 3.2).

(II PARTE)

No seu livro “A origem dos continentes e oceanos”, Wegener escreve: “Parece que os cientistas ainda não compreenderam suficientemente que todas as Ciências da Terra devem contribuir com evidências no sentido de revelar o estado do nosso planeta em tempos passados, e que a verdade sobre a realidade pode ser unicamente atingida se combinadas todas as evidências. (...) Em dado momento a Terra só pode ter uma configuração, contudo a Terra não fornece informação direta sobre isto. Somos como um juiz confrontado por um arguido que recusa responder e temos de determinar qual a verdade a partir de evidências circunstanciais. (...) Como apreciaríamos a ação de um juiz que baseasse a sua decisão em apenas parte da informação disponível?”

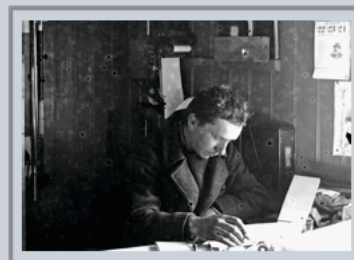


Fig. 3 - Wegener - foto do seu quarto na Gronelândia.

Depois da II Guerra Mundial, várias ciências desde a Oceanografia à Sismologia têm comprovado a teoria da deriva continental e a junção desta teoria a todas as restantes evidências permitiu enunciar a teoria da tectónica de placas, e também ainda associada a algumas controvérsias. **Quais as evidências, obtidas pelas diversas Ciências, que comprovam o mobilismo geológico? De que forma comprovam?**

A “dança dos continentes” numa Terra esférica obriga à junção dos mesmos em determinados períodos da história da Terra num supercontinente único, rodeado por um oceano contínuo, cuja localização daqui a 250Ma é prevista por modelação matemática (Ribeiro, 2008).

Caixa 3.2. - Parte II do Problema: “Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?”.

Conduziram-se os alunos pelo processo de PBL, com recurso a apresentação eletrónica, referindo-se que Wegener nos diz que a superfície da Terra é composta por vários fragmentos - continentes - que já estiveram juntos no passado. Facilitou-se a interpretação das evidências da Oceanografia, referindo-se que a continuidade entre a litosfera continental e oceânica permite-nos afirmar que a litosfera se subdivide em fragmentos - designados placas litosféricas (ou tectónicas) e colocando-se uma sub-questão “Quais os seus limites? Qual será o local mais frágil, que mais facilmente se quebra, por onde seria mais fácil “recortar” a litosfera?”. Em seguida apresentaram-se as evidências da Sismologia e da Vulcanologia, e propôs-se uma atividade prática para determinar os limites das placas litosféricas - atividade de recorte (Sousa, 2013).

Recorrendo a uma subquestão: *Quais os tipos de limites associados aos principais fenómenos geológicos?*, os alunos investigaram com andaimamento adequado, nomeadamente recorrendo ao roteiro de exploração do software Google Earth tectonics elaborado para o efeito (Sousa, 2013). Assim, foi realizada a exploração do Google Earth tectonics pelos alunos, em grupos de dois ou três elementos, realçando o tipo de limites em algumas regiões da Terra associados aos principais fenómenos geológicos (formação de montanhas, formação de novo oceano, formação de ilhas). Esta atividade permitiu desenvolver a autonomia na aprendizagem assim como a capacidade de trabalho em grupo/equipa e estimulou a criatividade e a capacidade de abstração, nomeadamente na previsão de eventos futuros baseando-se na teoria da tectónica de placas.

Também se analisou criticamente uma simulação/animação¹⁷ sobre a formação de um novo oceano, no futuro, no rift oriental africano de Afar.

Relativamente às correntes de convecção realizou-se uma breve atividade laboratorial com elaboração de relatório V de Gowin (fornecido aos alunos parcialmente preenchido) e visualizou-se uma simulação das correntes de convecção do documentário da BBC ("Earth The Power Of The Planet"¹⁸).

Em seguida propôs-se o preenchimento de um mapa de conceitos sobre a teoria da tectónica de placas para consolidação das aprendizagens.

A última fase da ação ocorreu contextualizada no tema da distribuição geográfica de espécies, correspondendo à 3ª parte da situação-problema (Caixa 3.3) e o tema foi introduzido com recurso à visualização de porções selecionadas do documentário “A viagem perdida de Darwin” (da National Geographic, produzido em 2009). As porções escolhidas destacam passagens do livro de Darwin, nomeadamente a descrição do início da viagem de 5 anos de Darwin, incluindo chegada ao Brasil e fascínio pela floresta tropical; período na Patagónia e descoberta de uma nova espécie de ema (Ema de Darwin) a sul do Rio Negro; ideia da “transmutação de espécies” e árvore da vida nos cadernos de Darwin.

¹⁷Animação disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=PoV4qSwg7nc> (acedido em 11/2012)

¹⁸ Animação disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=rYrXAGY1dmE&list=PLECDDF163EABCA341> (acesso a 11/2012)

Problema: SERÁ A TERRA MUTÁVEL AO NÍVEL GEOLÓGICO E AO NÍVEL BIOLÓGICO?**(III PARTE)**

A Terra parece ser então um sistema sujeito quer a mudanças biológicas quer a mudanças geológicas. Charles Darwin, no final do século XIX, já tinha lutado contra as ideias fixistas que tentavam explicar as origens da biodiversidade e, no início do século XX, Wegener propõe, em oposição ao fixismo da Terra, o mobilismo geológico explicando que a crosta continental é formada por placas continentais que se deslocam, que assumiram diferentes posições ao longo do tempo, e que se encontram em posições transitórias.

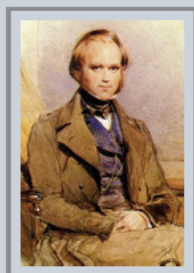


Fig. 4 - Charles Darwin
(1809-1882)

As origens da diversidade biológica (ou biodiversidade) existente na biosfera foram explicadas por Charles Darwin (Fig. 4). Darwin foi um cientista excepcional e é considerado por vários cientistas atuais como o “pai da Biologia” e o “Newton da Biologia”. Após uma viagem de barco durante a qual conheceu vários continentes, sugeriu que as espécies existentes em dado momento são diferentes das existentes no passado; e que as atuais são aquelas que estão adaptadas às condições do ecossistema em que se encontram. As suas observações no arquipélago das Galápagos e também na América do Sul permitiram-lhe propor a teoria da evolução por seleção natural num livro que viria a ficar famoso intitulado “A origem das espécies” publicado em 1859.

Darwin também constatou que algumas espécies se extinguíram quando as condições ambientais, como o clima, mudaram.

Charles Darwin constatou que havia duas espécies de aves corredoras muito semelhantes: uma no continente americano - ema - e outra no continente africano - avestruz. Mas quando observou com mais atenção verificou que no continente americano existiam duas espécies de emas e que se encontravam em habitats separados por um rio. Atualmente estudos filogenéticos permitiram analisar as sequências de ADN de diferentes espécies e estabelecer relações entre elas por meio de uma árvore filogenética (Fig. 5) - semelhante à árvore genealógica ou familiar - com um ancestral comum.

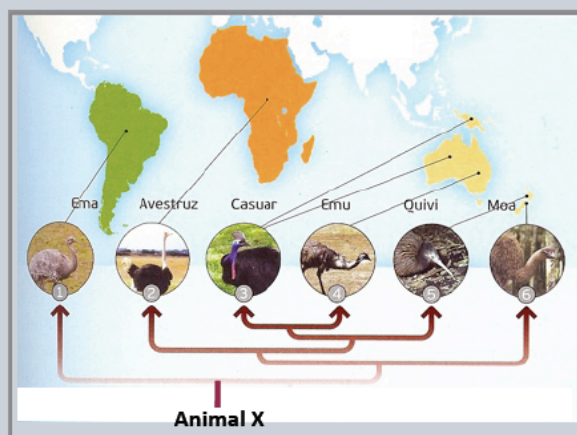


Fig. 5 - Relações filogenéticas das aves corredoras
(Adapt. do Manual Descobrir a Terra).

Surgiu recentemente, uma nova ciência designada Biogeografia que estuda os fenómenos que influenciam a distribuição geográfica das espécies, alguns dos quais são geológicos, como por exemplo abertura de um oceano, formação de cadeias de montanhas, transgressões e regressões marinhas (algo que se observa numa saída de campo a Lavadores). Sabe-se que estes fenómenos poderão provocar a extinção de espécies e/ou o aparecimento de nova(s) espécie(s) e explicam por exemplo por que motivo encontramos alguns mamíferos marsupiais apenas na Austrália e as relações filogenéticas das aves corredoras. Como surgiu a biodiversidade atual? Como se explica a presença de algumas espécies apenas em alguns locais da Terra?

Caixa 3.3 - Parte III do Problema: “Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?”.

Conduziram-se os alunos pelo processo PBL de forma a se focarem nas duas espécies de emas e auxiliou-se a compreensão dos fenómenos de seleção natural e isolamento geográfico propondo a visualização de animação¹⁹ disponível on-line “Como evoluem as espécies?”.

E propôs-se a realização de um trabalho de grupo: “Trabalho prático - Qual o papel dos fenómenos geológicos na evolução e distribuição de espécies ao longo da história da Terra?”, em que se forneceram algumas orientações para a estrutura do mesmo. Também se integraram alguns aspetos da visita de estudo a Arouca, motivando os alunos, e se colocou uma sub-questão problema “Porque motivo encontramos fósseis de animais marinhos em Arouca?” com referência a uma situação concreta que visualizaram no Geoparque Arouca para discussão em grupo-turma. Assim, o processo PBL teve continuidade e os alunos, em grupos de três a quatro elementos apresentaram possíveis soluções para a questão-problema: “Qual o papel dos fenómenos geológicos na evolução e distribuição de espécies ao longo da história da Terra?” (Caixa 3.4).

Problema: SERÁ A TERRA MUTÁVEL AO NÍVEL GEOLÓGICO E AO NÍVEL BIOLÓGICO?

(IV PARTE)

As trilobites de Canelas (Fig. 6) viveram no oceano Rheic, e nessa altura a península Ibérica situava-se no hemisfério sul. Há 250Ma extinguiram-se devido a uma regressão marinha causada por uma das maiores glaciações. Muito depois do último oceano ter desaparecido da área de Arouca, as atuais rochas que hoje vemos, estiveram enterradas a cerca de 14km de profundidade. Durante a história da Terra aconteceram vários momentos de extinção em massa, que estão preservados em rochas e que constituem geodiversidade que o Homem sentiu necessidade de conservar em geoparques, como o que se pode visitar em Arouca. **Qual o papel dos fenómenos geológicos na evolução e distribuição de espécies ao longo da história da Terra?**




Fig. 6 - Exemplar de *Hungioides bohemicus* (Geoparque Arouca).

Caixa 3.4 - Parte IV do Problema: “Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?”.

A consolidação de aprendizagens e o desenvolvimento de capacidades de argumentação e de mentalidade científica foram conseguidas com a proposta de solução à questão-problema “Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?” no trabalho de grupo “Trabalho prático - Qual o papel dos fenómenos geológicos na evolução e distribuição de espécies ao longo da história da Terra?” e na apresentação oral, com elaboração de slides em grupo, na sessão no dia 21 de maio: “Qual a relação entre a “dança dos continentes” e a biodiversidade?” no Auditório da ESAS com apresentação dos trabalhos da turma E do 7º ano à turma B do 10º ano.

¹⁹ Animação disponível em: <http://vimeo.com/22037192> (acedido a 11/2012).

3.6.2. Descrição sumária da ação educacional relativa ao 10º ano de escolaridade

Todos os recursos elaborados e implementados estão contextualizados no problema elaborado intitulado: **Será a Terra mutável ao nível geológico e ao nível biológico?**, semelhante ao apresentado aos alunos de 7º ano.

A ação iniciou-se pela leitura da 1ª parte da situação-problema em grupo-turma seguida de discussão em pequeno grupo para identificar os assuntos que requerem investigação (por exemplo em fontes bibliográficas, em websites, através de protocolos experimentais simples) auxiliada por ficha de trabalho de grupo para preencherem durante processo.

A mediação foi realizada de forma a conseguir uma ação de ensino-aprendizagem eficaz: inicialmente deu-se a conhecer a situação-problema contextualizando a mesma em notícias, estreia de filme e comemoração do centenário da teoria na escola, demonstrando a relevância para os alunos e motivando-os para o tema, através de apresentação tipo powerpoint.

Os alunos em grupos de quatro ou cinco elementos leram a situação-problema na “Ficha de trabalho - Refletir sobre mobilismo geológico e evolução no centenário da teoria de Wegener” e pesquisaram, no documento fornecido pela professora-investigadora “Argumentos de Wegener” e no Manual, as soluções possíveis para a questão-problema: “Qual o argumento de Wegener que te parece mais convincente? Porquê?” e para questões-problema sugeridas pelo grupo. Esta questão-problema foi contextualizada com aprendizagens anteriores (ao nível de 7º ano) e permitiu mobilizá-las, uma vez que os alunos comentaram logo que todos os argumentos eram importantes. Então, propôs-se aos alunos que imaginassem que tinham pouco tempo para expôr as suas ideias, e só poderiam falar de um único argumento por exemplo numa palestra, “qual escolheriam? e porquê?”. Explicou-se que qualquer resposta estaria correta o que estimulou o diálogo entre os alunos de forma a encontrarem uma resposta consensual - não sendo necessariamente a mais correta - e, por isso, foi uma aula repleta de momentos diversificados de discussão e reflexão pelos alunos, totalmente centrada nestes. Monitorizou-se o progresso do trabalho de grupo, promovendo o envolvimento de todos os elementos do grupo. O trabalho de grupo foi também orientado por uma Ficha de trabalho de grupo e o seu preenchimento foi potenciado pela secção “Planificação - o que precisamos aprender?”, desta ficha, em que os alunos resumiram os aspetos fundamentais sobre cada argumento. Na secção “proposta de solução” escreveram o argumento que consideravam mais convincente e a respetiva justificação. Em seguida, apresentaram a proposta de resposta à questão-problema, do grupo, à turma tendo sido promovida, pela docente, a justificação da mesma com argumentação adequada. Desta forma desenvolveram-se, nos alunos, capacidades de pensamento abstrato com recurso a exercício de tentativa de pensar como Wegener.

Continuou-se a leitura da situação-problema, lendo-se a 2ª parte (caixa 3.2) e promovendo a discussão no grupo-turma; os alunos perceberam melhor a dificuldade de chegar a um consenso no grupo, uma vez que, de facto, todos tinham razão e teriam de pensar como Wegener considerando todas as evidências das várias Ciências. Para encontrar uma resposta à questão-problema “Quais as evidências, obtidas pelas diversas Ciências, que comprovam o

mobilismo geológico? De que forma o comprovam?” forneceu-se a cada grupo de alunos uma página sobre uma das Ciências (do documento: Evidências das várias Ciências) e foram incentivados a pesquisarem nesse documento os elementos necessários para poderem explicar, à turma, de que forma a “sua” Ciência poderia comprovar o mobilismo geológico. Para resumir estas aprendizagens, relativas à 1ª e 2ª parte da situação-problema (caixa 3.1 e caixa 3.2, respetivamente), propôs-se o preenchimento de um mapa de conceitos.

Outra atividade de aplicação proposta que favoreceu a consolidação das aprendizagens foi a assistência a palestras, questionando os palestrantes, do ciclo de comemorações de Wegener. O ciclo de palestras comemorativo do centenário da primeira palestra de apresentação da teoria de Wegener foi organizada com três professores especialistas dos temas a tratar: pelo Prof. Doutor Fernando Noronha (Da “Deriva de continentes” à “Tectónica de placas”), pela Professora Doutora Helena Couto (Deriva dos continentes: evidências nos arredores do Porto) e pelo Prof. Doutor João Honrado (Biogeografia Global: conhecer e compreender para conservar e valorizar). Esta atividade foi complementada pelo preenchimento da Ficha de trabalho de grupo “Mobilismo geológico e diversidade biológica” relativamente à questão-problema “Quais as evidências, obtidas pelas diversas Ciências, que comprovam o mobilismo geológico? De que forma comprovam?”, que foi completada com as informações obtidas nas palestras.

Propôs-se uma atividade prática com recurso ao software Google Earth tectonics e de preenchimento de uma tabela resumo sobre o tipo de limites e fenómenos geológicos, assim como, previsões de possíveis eventos futuros para cada área geográfica proposta.

Foi ainda proporcionado um momento de aprendizagem com um docente do ensino superior, Prof. Doutor Guerner Dias que consistiu numa saída de campo a Lavadores com guia de campo elaborado para o efeito, em que a 1ª questão do mesmo sobre terraços fluvio-marinhos foi integrada nesta ação, salientando-se a importância dos fenómenos geológicos de transgressão e regressão marinhas na biodiversidade.

A fase seguinte da ação ocorreu no início do módulo de Biologia, da disciplina de Biologia e Geologia e, por isso, foi iniciada com a questão-problema “Será a Terra mutável?” e discussão em grupo-turno o que permitiu relembrar alguns dos fenómenos geológicos responsáveis pelas mudanças geológicas que referiram, como, por exemplo, a tectónica de placas para a formação de montanhas e de vulcanismo e *hotspots* para a formação de ilhas. Avançando no processo PBL foi colocada a questão: “Quais as mudanças biológicas que conhecem?” ao grupo-turno, e a maioria dos alunos refere o aparecimento de uma nova espécie. Em seguida introduz-se a questão-problema seguinte: “Como é que surge uma nova espécie? Como surgiu a biodiversidade atual?” (caixa 3.5), os alunos referem o nome do processo de evolução e algumas ideias pouco consolidadas. Então introduz-se este tema com recurso à visualização de porções selecionadas do documentário: “A viagem perdida de Darwin” (National Geographic, 2009). As porções escolhidas destacam passagens do livro de Darwin. Forneceu-se uma ficha orientadora do processo PBL e os alunos, em grupos de quatro elementos, iniciaram o seu preenchimento. De forma a orientar a sua investigação e ajudando a focarem-se nos aspetos principais foram apresentados slides referindo frases importantes de Darwin, tais como, que qualquer característica que dê ao organismo uma ligeira vantagem na sobrevivência e na

reprodução tem mais probabilidade de ser transmitida de geração em geração e, com pequena animação, sobre “como evoluem as espécies”²⁰, assim como se promoveu a discussão da mesma mobilizando saberes sobre evolução e seleção natural.

Também se salientaram algumas frases do documentário, nomeadamente contextualizando com a sub-questão “O que é uma espécie?” e a necessidade de classificar os organismos e definir categorias, como a de espécie através de nomenclatura científica, uma vez que a ema também é denominada nandu, nhandu, guaripé, xuri e *Rhea americana* (L.). O exemplo da distribuição geográfica das duas emas foi referida e contextualizada com a questão-problema “Como se explica a presença de algumas espécies apenas em alguns locais da Terra?” e frases do seu livro: “As planícies perto do Estreito de Magalhães são habitadas por uma espécie de ema (avestruz americana) e, a Norte, as planícies de La Plata por outra espécie do mesmo género; não por uma avestruz genuína ou emu, como as que se encontram em África e na Austrália à mesma latitude” e “não encontramos um único mamífero comum à Europa, Austrália e América do Sul”.

Para orientar a investigação deste tema forneceu-se aos alunos um webquest: Será a Terra Mutável? - Qual a relação da “dança dos continentes” com a biodiversidade?, que os orientava de forma a focarem-se nas espécies de aves corredoras, destacando-se como fontes de pesquisa as bases de dados sobre distribuição de espécies e estatuto de conservação disponíveis on-line da Encyclopedia of Life ([//eol.org](http://eol.org)) e da Lista Vermelha da IUCN (www.iucnredlist.org). No final desta investigação cada grupo apresentou um trabalho que incluiu: um mapa com a distribuição geográfica atual das espécies, incluindo o seu estado de conservação, um mapa para cada episódio da história da Terra e o desenho de uma espécie animal e/ou planta para episódio futuro, daqui a 250Ma. Um outro recurso digital disponível on-line que foi fornecido e discutido em aula “Como surge uma espécie?”²¹ nomeadamente salientando o facto do ancestral comum a estas aves ser, provavelmente, uma ratite que viveu há aproximadamente 100Ma.

Deu-se a conhecer as várias dimensões abrangidas pelo conceito de biodiversidade e promoveu-se a discussão sobre conceitos de riqueza e abundância, assim como sobre a década da biodiversidade definida pela ONU, contextualizado na parte final da situação-problema (Caixa 3.5).

²⁰Animação “Como evoluem as espécies?” disponível em: <http://vimeo.com/22037192> (acedido a 11/2012).

²¹ <http://200.156.70.12/sme/cursos/index.php?intPagina=4&intAula=3&intModulo=1&intDisciplina=4&intCurso=1> (acedido a 01/2013).

Problema: SERÁ A TERRA MUTÁVEL AO NÍVEL GEOLÓGICO E AO NÍVEL BIOLÓGICO?

Surgiu recentemente, uma nova ciência designada Biogeografia que estuda os fenómenos que influenciam a distribuição geográfica das espécies, alguns dos quais são geológicos, como por exemplo abertura de um oceano, formação de cadeias de montanhas, transgressões e regressões marinhas (algo que se observa numa saída de campo a Lavadores). Sabe-se que estes fenómenos poderão provocar a extinção de espécies e/ou o aparecimento de nova(s) espécie(s) e explicam por exemplo por que motivo encontramos alguns mamíferos marsupiais apenas na Austrália e as relações filogenéticas das aves corredoras. **Como surgiu a biodiversidade atual? E como se explica a presença de algumas espécies apenas em alguns locais da Terra?**

O número de espécies descritas e classificadas tem vindo a aumentar, contudo muitos cientistas receam que estejam a extinguir-se espécies sem terem sido sequer conhecidas pelo Homem. Durante a história da Terra aconteceram vários momentos de extinção em massa, contudo o Homem sentiu necessidade de conservar a biodiversidade, tomando várias medidas, nomeadamente a criação de zonas de áreas protegidas, como a Reserva Natural Local do Estuário do Douro (Fig. 6). **Qual a justificação para a necessidade de conservação da biodiversidade?**

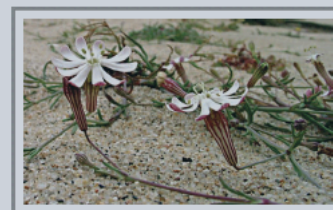


Fig. 6 - Uma das espécies protegidas na Reserva Natural Local do Estuário do Douro - *Silene portensis* L. (nome vulgar Silene-do-porto) - foi descrita por Lineu com base em material colhido por Pehr Löfving nas dunas a sul do Douro [3].

Caixa 3.5 - Parte final - específica - do problema do 10º ano.

A última fase da ação centrou-se na questão-problema: “Qual a justificação para a necessidade de conservação da biodiversidade?”, e o processo PBL foi conseguido através de sub-questões: “Será que vivemos atualmente uma 6ª extinção em massa?” e “Quais as medidas de conservação ao nível local e global?”. Estas sub-questões permitiram fomentar, nos alunos, a reflexão sobre a taxa atual de extinções e causas da extinção de espécies com o preenchimento de ficha de apoio ao processo, aos pares. Com a posterior discussão em grupo-turma também se mobilizaram os saberes relacionados com a Saída de campo a Lavadores.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Resultados da ação em aulas de Ciências Naturais do 7º ano de escolaridade

4.1.1. Evolução de capacidades e conhecimentos ao longo do tempo (pré vs. pós-teste)

A comparação das respostas no pré-teste e no pós-teste permitiu avaliar o impacto da ação nos alunos em relação a capacidades e conhecimentos ao longo do tempo, desde janeiro até ao final da ação (Ficha de avaliação diagnóstica, em Anexo). As capacidades avaliadas com as diversas questões enquadraram-se quer no domínio conceptual quer no domínio procedimental.

Questões relativas a Wegener e à sua teoria

Relativamente à questão I.1. (Caixa 4.1) observou-se um aumento de competências do domínio conceptual como a mobilização de conceitos e teorias, assim como de capacidades do domínio procedimental de reconhecimento da função da observação na teoria de Wegener; verificou-se um aumento significativo - para o triplo - dos resultados obtidos da pré-ação para a pós-ação.

I. Wegener sugeriu em 1910 a hipótese da deriva continental, simultaneamente a Taylor. Mais tarde, em 1912, Wegener apresentou a sua teoria num congresso, na sua célebre comunicação intitulada “Ideias novas sobre a formação das grandes estruturas da superfície terrestre (continentes e oceanos)”.

I.1. A observação inicial realizada por Wegener que lhe permitiu sugerir a sua hipótese da deriva dos continentes foi o recorte dos continentes africano e da América do Sul. Em que consistiu a sua observação?

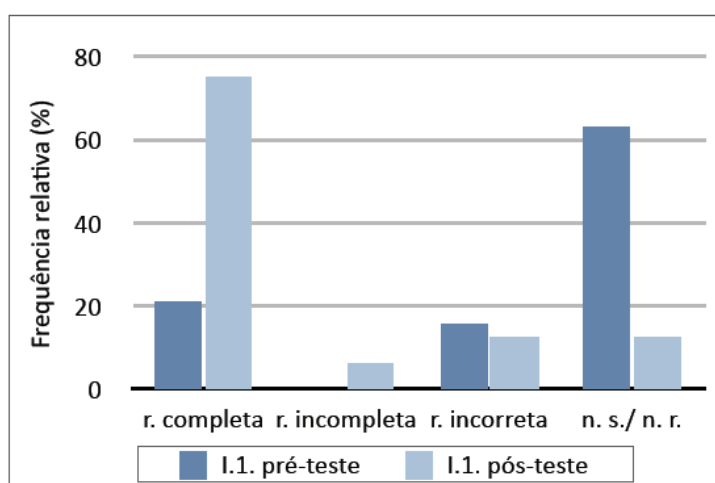


Fig. 1 - Alfred L. Wegener
(1880-1930)

Caixa 4.1 - Questão I.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Relativamente à questão I.4 (Caixa 4.2) na pré-ação obtivemos 74% de respostas corretas e 26% de respostas incorretas, enquanto na pós-ação obtivemos 100% de respostas corretas (2ª opção).

I.4. O *Mesosaurus* foi um réptil de água doce que existiu na Terra há 250 milhões de anos (Fig. 2). A melhor explicação para a descoberta destes fósseis em rochas da América do Sul e de África é que: (seleciona a opção correta):

- ☐ o *Mesosaurus* atravessou o oceano a nado entre os dois continentes,
- ☐ os continentes já estiveram unidos como um único continente,
- ☐ o aquecimento global tem provocado a subida do nível das águas do oceano Atlântico,
- ☐ os restos de *Mesosaurus* foram levados através do oceano por predadores.

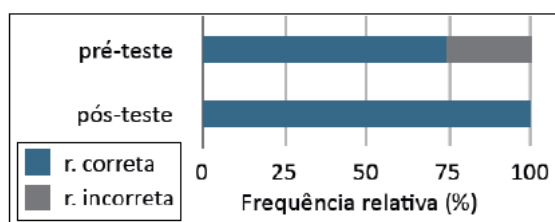


Fig. 2 - Localização geográfica de rochas encontradas com fósseis de *Mesosaurus*.

Caixa 4.2 - Questão I.4. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Na questão “Caraterize o conhecimento científico.” (I.7) o adjetivo usado para a caraterização do conhecimento científico foi “dinâmico” por 63% dos alunos, pós-ação, e de 5% no pré-teste.

Questões relativas à fase da deriva dos continentes à tectónica de placas

Relativamente à questão II.1 (Caixa 4.3) observou-se que a percentagem de alunos com respostas corretas aumentou de 42% (no pré-teste) para 69% (no pós-teste), demonstrando o desenvolvimento de capacidades de interpretação de dados fornecidos.

II. A controvérsia ainda continuava acesa na década de 60 quando Hess e Dietz propuseram a teoria da expansão dos fundos oceânicos, segundo a qual a crosta oceânica está continuamente em formação por ascensão de magma do interior da Terra ao longo do vale do rifte, e que foi confirmada por análises de datação de rochas do fundo oceânico.

II.1. A conclusão da análise da datação é: (seleciona a opção correta)

- ☐ a idade das rochas oceânicas é maior quanto mais distante estiverem da dorsal oceânica,
- ☐ a idade das rochas oceânicas é menor quanto mais distante estiverem da dorsal oceânica,
- ☐ a idade das rochas oceânicas é maior do que a das rochas continentais.

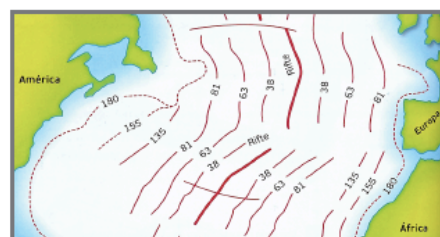
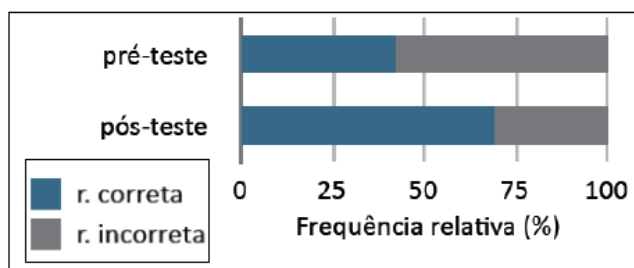
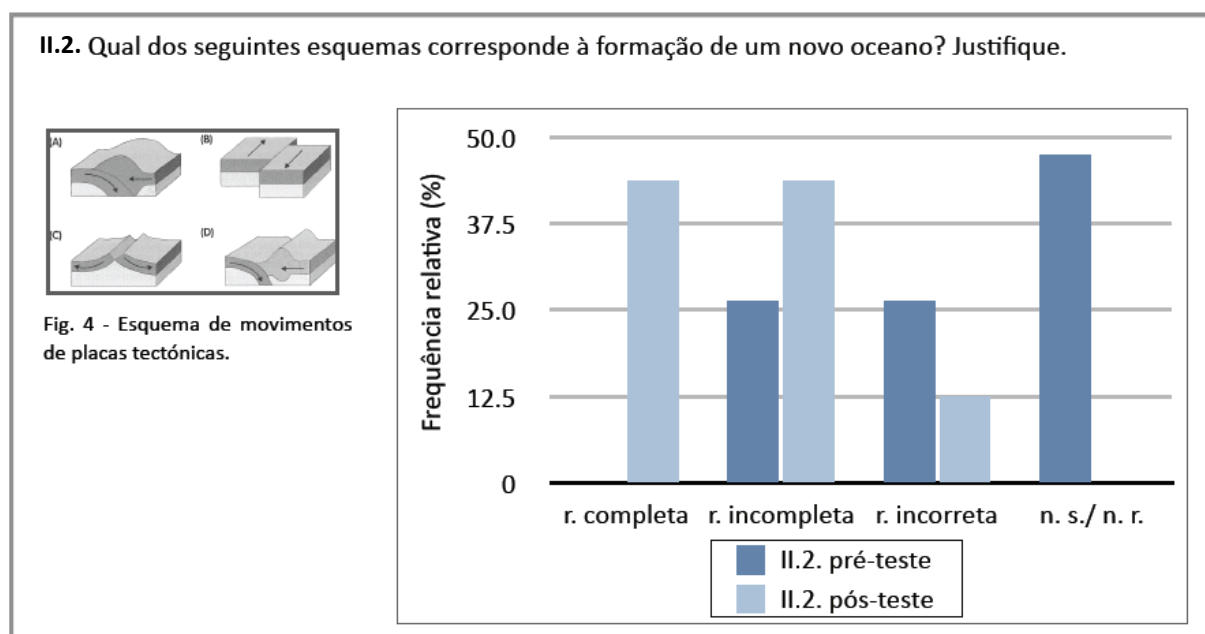


Fig. 3 - Idade em Ma de rochas do fundo oceânico.

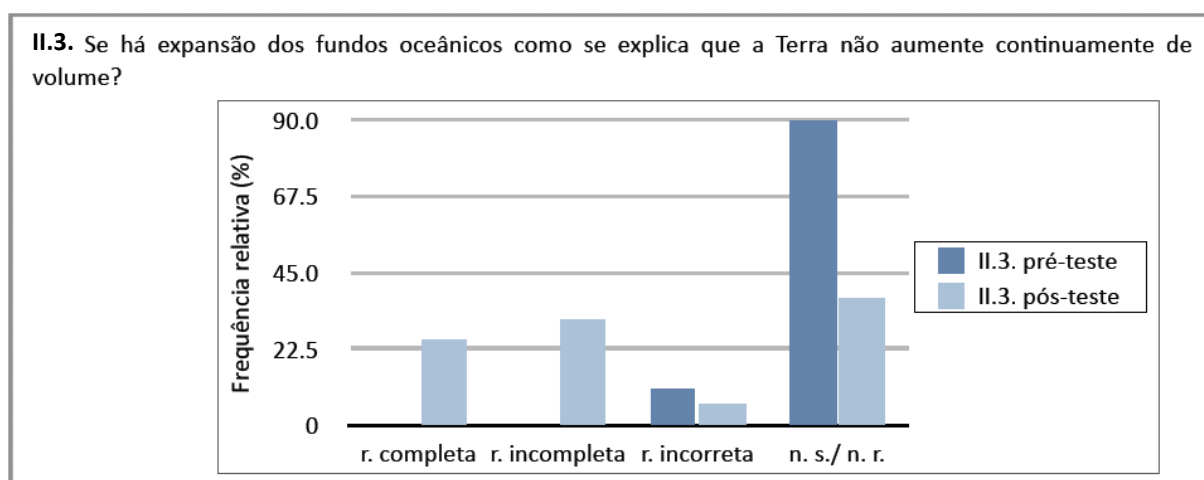
Caixa 4.3 - Questão II.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Quanto à questão-problema abaixo (II.2) verificou-se o surgimento de respostas completas (opção C com justificação) e uma diminuição de respostas incorretas e de alunos que não sabem, ou não respondem (Caixa 4.4).



Caixa 4.4 - Questão II.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16). Nota: respostas completas e incompletas incluem-se nas corretas.

Os alunos quando colocados perante a questão-problema II.3 (Caixa 4.5) demonstraram um efetivo desenvolvimento de capacidades de formulação de hipóteses explicativas para um fenómeno geológico; isto é, observámos o surgimento de respostas corretas (completa ou incompleta) e uma diminuição de respostas incorretas e da proporção de alunos que não sabem, ou não respondem.



Caixa 4.5 - Questão II.3. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

II.5. Os continentes: (seleciona a opção correta)

☐ no tempo dos dinossauros tinham localização idêntica à atual,

☐ no tempo dos dinossauros tinham localização diferente da atual,

☐ encontram-se em posições estáveis que não se irão alterar no futuro.

O gráfico de barras empilhadas ilustra a frequência relativa (%) de respostas corretas e incorretas antes e depois de um teste. O eixo horizontal representa a frequência relativa em porcentagem, variando de 0 a 100. O eixo vertical distingue entre 'pré-teste' e 'pós-teste'. A legenda indica que as barras azuis representam respostas corretas ('r. correta') e as barras cinzas representam respostas incorretas ('r. incorreta').

Período	r. correta (%)	r. incorreta (%)
pré-teste	65	35
pós-teste	95	5

Registou-se uma melhoria significativa na frequência de respostas corretas à questão II.7 (Caixa 4.7) como resultado da ação: de 47.3% (pré-teste) para 94% (pós-teste); salienta-se que no pré-teste para além da resposta correta (4ª opção) houve alunos que selecionaram a 2ª ou a 3ª opção.

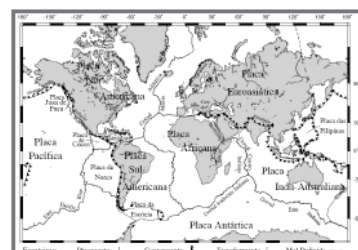
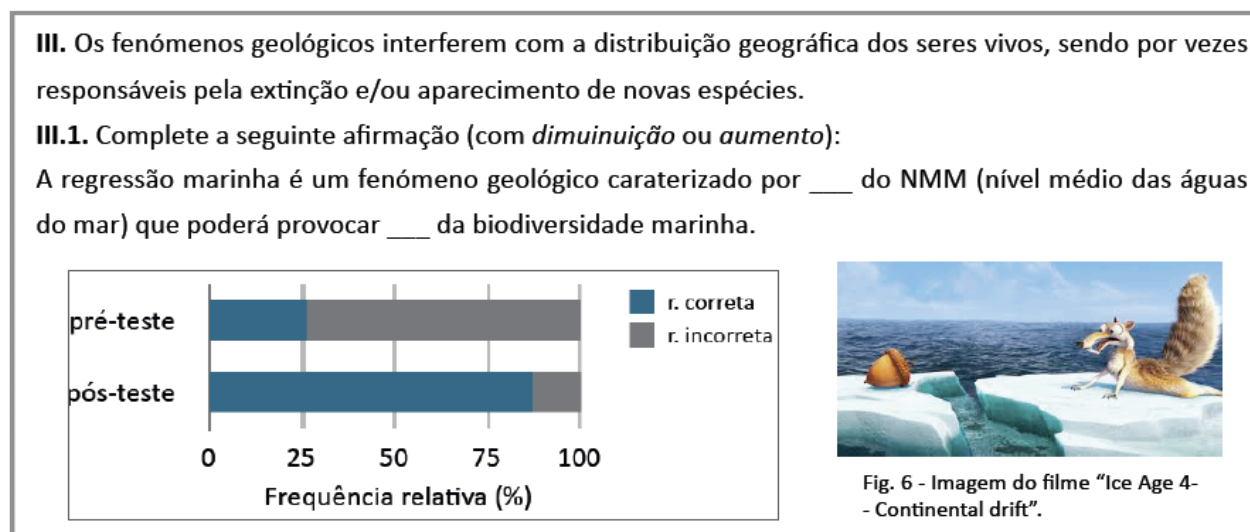


Fig. 5 - Localização das placas tectônicas.

Cristina Sousa (Ano letivo 2012/2013)

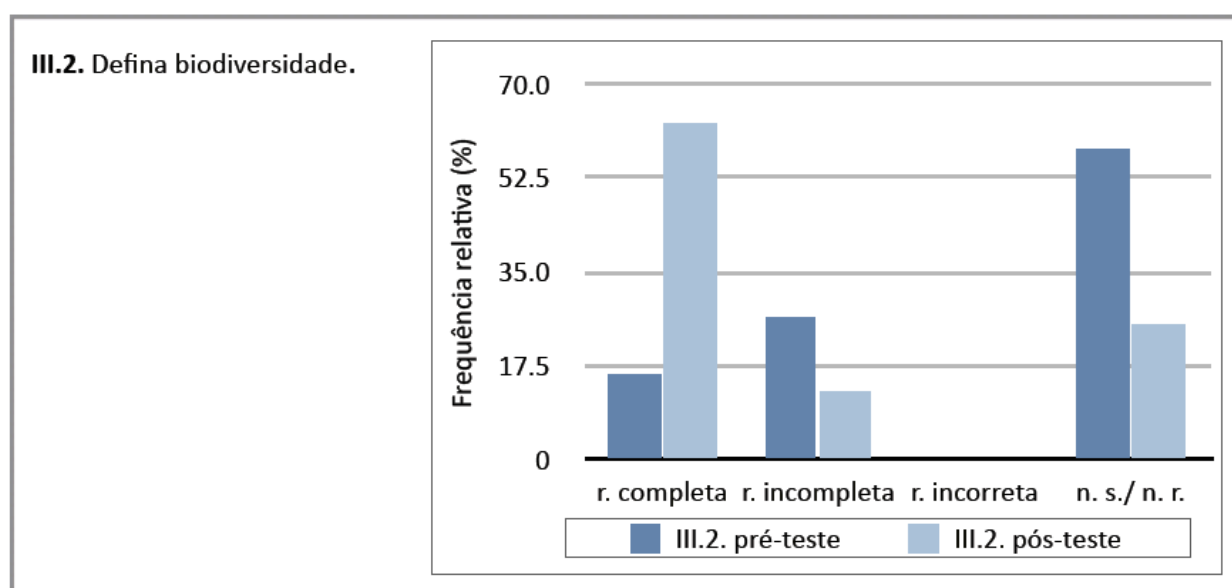
Questões relativas à distribuição geográfica de espécies

Para a questão III.1 (Caixa 4.8) obtivemos 87% de respostas corretas (31% completas e 56% incompletas) no pós-teste e apenas 26% incompletas/incorretas no pré-teste.



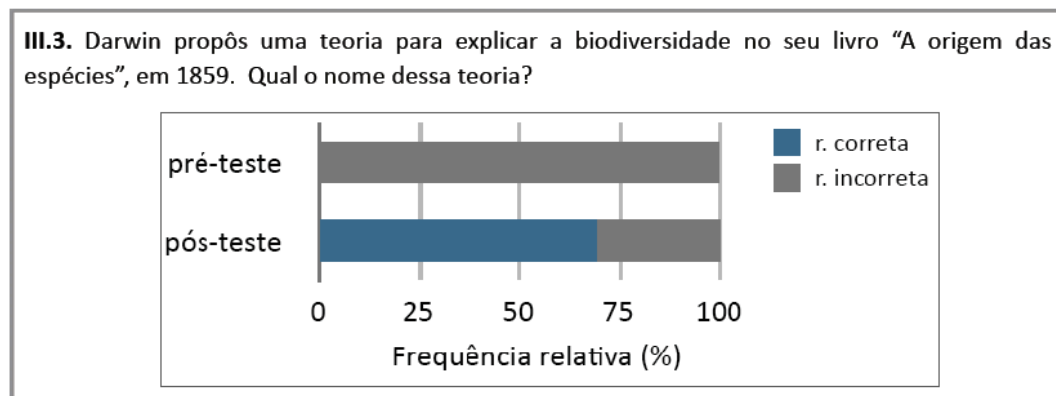
Caixa 4.8 - Questão III.1 do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Relativamente à questão "Defina biodiversidade." (III.2) obtivemos 75% de respostas corretas no pós-teste enquanto registámos apenas 42% de respostas corretas no pré-teste, sendo evidente a melhoria devido à ação (Caixa 4.9).



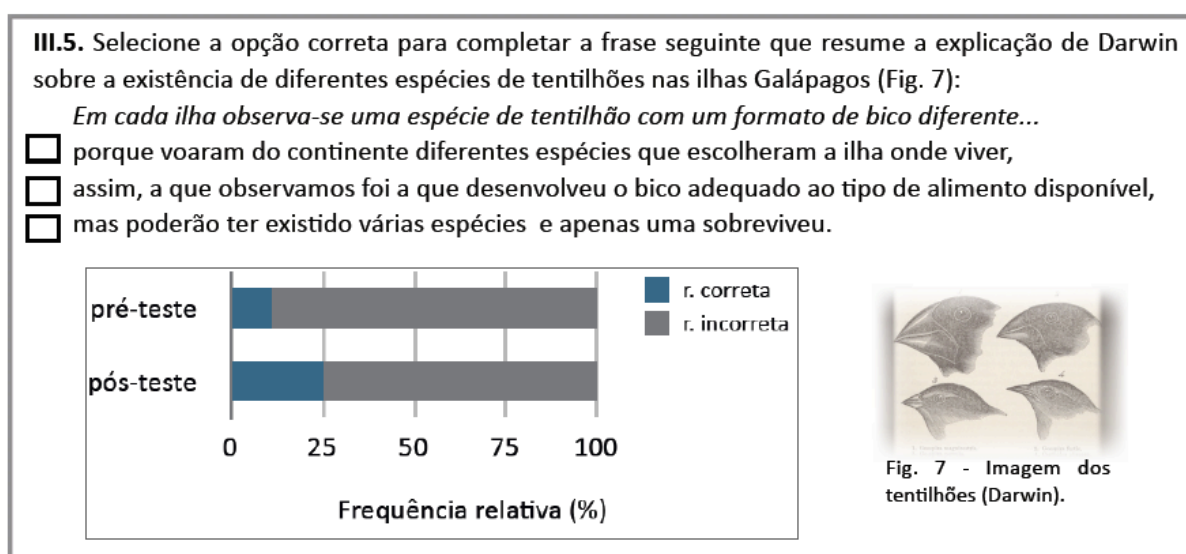
Caixa 4.9 - Questão III.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Em relação à Teoria da Evolução de Darwin nenhum aluno a conhecia enquanto 69% dos alunos no final da ação responderam corretamente à respetiva questão (Caixa 4.10).



Caixa 4.10 - Questão III.3. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Quanto à questão-problema III.5 as respostas corretas no pré-teste correspondiam a 11% dos alunos enquanto no pós-teste correspondiam a 25% (Fig. 4.11).



Caixa 4.11 - Questão III.3. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Também se observou que no pós-teste (Caixa 4.11) das 75% das respostas incorretas, 50% correspondiam a uma visão transformista (tipo evolução de Lamarck), relativa à 2ª opção/alínea.

Relativamente à questão III.6 (Caixa 4.12) registaram-se 50% de respostas corretas (“ancestral comum”) após a ação enquanto observámos 0% no pré-teste.

III.6. Darwin observou as semelhanças morfológicas entre emas e avestruzes e considerou este facto como evidência da sua Teoria. Atualmente é possível comparar o ADN de diferentes espécies. A Fig. 8, semelhante a uma árvore familiar, representa as relações filogenéticas entre as diferentes espécies de aves corredoras. Indique o nome que Darwin teria atribuído ao animal X.

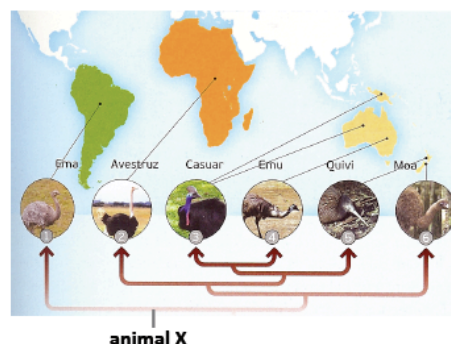
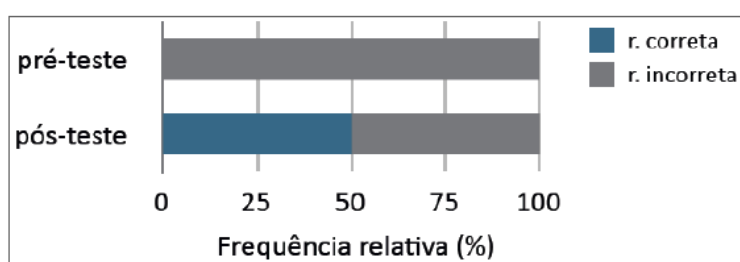
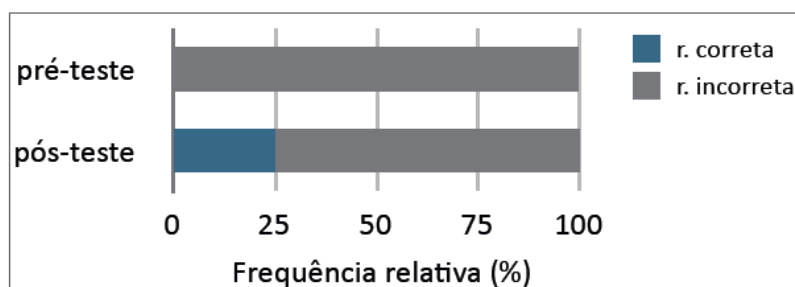


Fig. 8 - Relações filogenéticas das aves corredoras (adapt. Descobrir a Terra).

Caixa 4.12 - Questão III.6. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

Quanto à questão III.7 sobre as relações filogenéticas e a distribuição de espécies (Caixa 4.13) no pré-teste registámos 0% de respostas corretas (Gondwana) enquanto no pós-teste obtivemos 25%.

III.7. O animal x pertence a uma espécie de ave corredora já extinta, onde considera que terá vivido? Justifique.



Caixa 4.13 - Questão III.7. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 7º ano no momento pré-ação (n=19) e pós-ação (n=16).

4.1.2. Caraterização dos estilos de aprendizagem

No decorrer da ação foram analisados os estilos de aprendizagem dos alunos usando um inquérito disponibilizado gratuitamente on-line (Fleming, 2013) e elaborado de acordo com Fleming & Mills (1992) que distingue pelos menos 5 estilos: visual (“visual”), auditivo (“aural/auditory”), leitura/escrita (“read/write”), cinestésico (“kinesthetic”) e multimodal. Como se pode verificar na Fig. 4.1 existe uma grande diversidade de estilos na turma em estudo sendo o estilo mais frequente o multimodal (53% dos alunos) e o de leitura/escrita (20%).

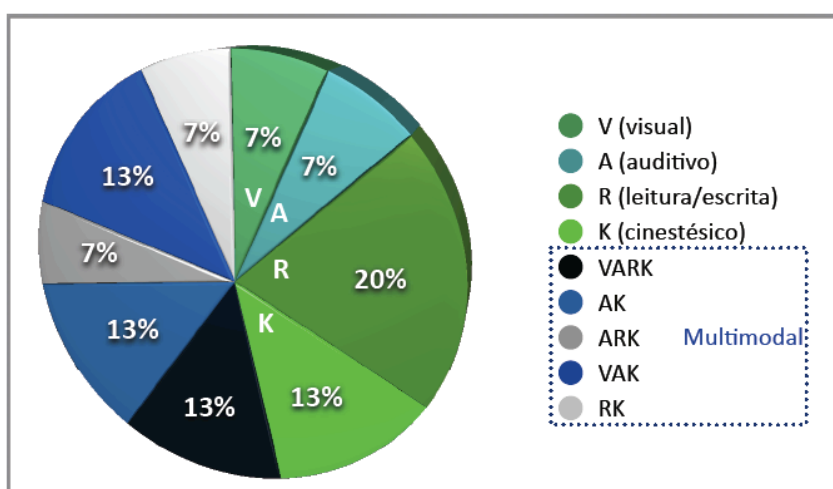


Fig. 4.1 - Perfil da turma de 7º ano em estudo (n=15) relativamente aos estilos de aprendizagem (n=15).

Considerando, independentemente, as preferências de estilos de aprendizagem dos alunos com estilo multimodal (Fig. 4.1) observa-se que o estilo mais frequente na turma é o cinestésico correspondendo a 66% das preferências, seguido pelo auditivo (53%), o de leitura/escrita corresponde a 47% e para o estilo visual calculou-se em 33%.

Constata-se que o estilo preferencial de aprendizagem para a turma é o cinestésico seguido do auditivo e que a diversidade é elevada, nomeadamente pela existência de um grande intervalo de valores (Tabela 4.1), para cada estilo.

Tabela 4.1 - Média dos resultados obtidos pelos alunos da turma de 7º ano em estudo no questionário VARK.

	Média ± SD	mínimo	máximo
V	3.73 ± 2.79	0	10
A	5.40 ± 2.59	1	11
R	4.20 ± 2.96	0	9
K	5.73 ± 2.15	3	10
Total	19.01 ± 10.49	15	35

Nota: SD = desvio padrão, n=15 alunos.

4.1.3. Caracterização do ambiente de aprendizagem: *Qual o argumento mais convincente?*

Durante a ação as atividades práticas foram alvo de avaliação formativa e registo de respostas dadas pelos alunos, no caso da questão-problema: “Qual o argumento mais convincente?” (ver no Capítulo 3, Caixa 3.1), os alunos, em grupos de três ou quatro elementos, analisaram a situação-problema e usaram fontes de pesquisa. As respostas fornecidas pelos alunos foram:

- ▶ argumentos morfológicos (por 4 dos 7 grupos),
- ▶ argumentos paleontológicos (por 1 grupo),
- ▶ argumentos morfológicos e litológicos (por 2 grupos que não conseguiram chegar a uma resposta consensual),
- ▶ argumentos paleoclimáticos (nenhum grupo os considerou).

4.1.4. Diversificação do ambiente de aprendizagem usando o Google Earth (tectonics)

A ação incluiu momentos de avaliação formativa, por exemplo das respostas elaboradas às questões-problema do roteiro de exploração do Google Earth (tectonics); registam-se, em síntese, os resultados obtidos pelos alunos em pequeno-grupo (Tabela 4.2) para cada uma das questões-problema incluídas no referido roteiro.

Tabela 4.2 - Média dos resultados obtidos pelos alunos (n=15) da turma de 7º ano no roteiro de exploração.

Questões-problema do roteiro de exploração	Respostas completas (% alunos)
O que irá acontecer a Portugal no futuro? Será que Portugal se vai aproximar do continente americano ou africano?	50 a 92%
Qual o tipo de limite de placas tectónicas que encontramos nos mares em expansão? Qual o tipo de limite de placas tectónicas que encontramos nas grandes cadeias montanhosas?	33 a 75%
Identificar as áreas geográficas onde ocorrem tipos de limites semelhantes aos encontrados na cadeia montanhosa dos Andes e no Arquipélago dos Açores.	25 a 59%
Relacionar os tipos de limites e a ocorrência de sismos e vulcões.	67%

Relativamente a todas as atividades práticas houve feedback pela professora-investigadora que também selecionou os grupos de alunos com as melhores respostas ou soluções em cada atividade para incluir em poster da turma (afixado em painel de exposições na escola).

4.1.5. Capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem

Durante a ação realizou-se uma ficha de avaliação sumativa sobre a teoria da deriva continental e a teoria da tectónica de placas para avaliar conhecimentos e capacidades dos alunos cujos resultados foram na generalidade bons e estão resumidos na Fig. 4.2.

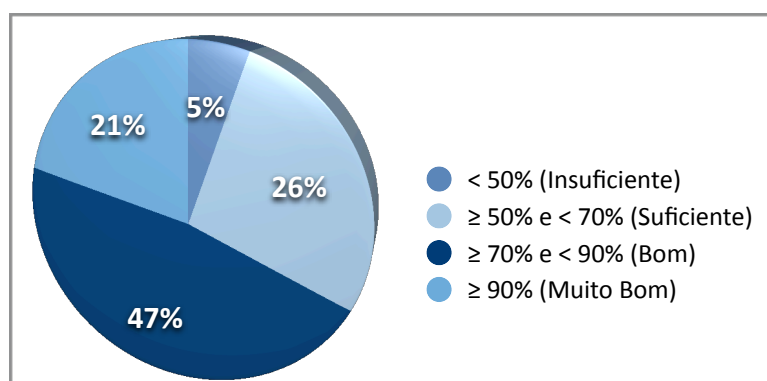


Fig. 4.2 - Frequência (em %) de classificações obtidas pelos alunos da turma de 7º ano em estudo em Ficha de avaliação sumativa sobre Teoria da deriva continental e Teoria da Tectónica de placas (n = 19).

Pretendeu-se com a ficha sumativa avaliar os conhecimentos definidos nos documentos orientadores do Ministério da Educação e Ciência, e capacidades quer do domínio conceptual quer do domínio procedimental (em resumo abaixo).

✓ Desenvolveram-se capacidades do domínio conceptual, entre as quais se destacam:

- ▶ interpretação de dados em diversos formatos (questões 1.2, 5.1, 9) - que foi conseguida com sucesso sendo a média de respostas completas de 54% (entre 31% e 100%) e apenas 31% de respostas incorretas (entre 0 e 52%);
- ▶ estruturação lógica de textos estabelecendo relação entre conceitos (questões 1.3, 5.2, 5.3) - que foi possível desenvolver nos alunos, uma vez que se obteve 63% de respostas completas (entre 52% e 78%) e 30% de respostas incompletas (entre 21% e 36%);
- ▶ mobilização de conceitos e teorias (questões 1.1, 2.3, 4.1, 6) conseguida em 68% dos alunos (entre 52 e 79%) enquanto se registaram 18% de respostas incompletas (entre 0 e 42%) e 11% de respostas incorretas (entre 0 e 26%).

✓ Desenvolveram-se capacidades do domínio procedimental, entre as quais se destacam:

- ▶ mobilização de conhecimentos CTSA (questão 4.2) foi demonstrada em 95% dos alunos (e apenas 5% não sabem ou não respondem);
- ▶ formulação de hipótese explicativas de fenómenos naturais (questão 1.4) demonstrada por 79% dos alunos (37% de respostas completas e 42% de respostas incompletas) e os restantes 21% apresentaram respostas incorretas;
- ▶ identificação de argumentos a favor e contra a teoria da deriva continental (questão 3.1) com 63% de respostas completas (5% incompletas e 21% incorretas).

4.1.6. Aprendizagens durante o processo ensino-aprendizagem: percepção dos alunos

Para avaliar as aprendizagens efetuadas pelos alunos foi também analisada a realização de trabalhos extra sala de aula sugeridos pela docente no âmbito desta I-A. Uma das atividades pedidas aos alunos foi a realização de uma reflexão sobre as aulas lecionadas, em que foi pedido aos alunos para completarem o modelo de reflexão fornecido. A forma de preenchimento pelos alunos foi analisada tendo-se verificado que 92% dos alunos conseguiram relacionar os conceitos e mobilizar aprendizagens realizadas completando que é possível medir, por GPS, o movimento das placas litosféricas. Verificou-se que 33% dos alunos consideram que melhoraram as suas capacidades de colaborar ou trabalhar em grupo e 30% referem que melhoraram as suas capacidades de aprendizagem. Registou-se que 42% dos alunos refletiram sobre a sua própria aprendizagem e consideram que aprenderam a dar a sua própria opinião sempre baseada em factos científicos.

As três formas de caracterização do conhecimento científico mais frequentes foram: importante, universal e global.

Os alunos indicaram que as atividades e aprendizagens que mais gostaram foram: pangeia, evolução, aulas práticas no computador, fazer trabalhos práticos, fazer modelos, fazer cartaz e aulas serem dinâmicas. Alguns alunos referiram aspetos que menos gostaram entre os quais: “não dar matéria”, “ter de fazer exercícios muito rápido”, “prof.^a não explicava, às vezes”.

A grande maioria dos alunos - 84% - considera que os assuntos sobre os quais gostariam de saber mais são evolução (56%) e biodiversidade (28%) e, por isso, decidiu-se planejar atividades que os envolvessem na comemoração do dia da biodiversidade.

Também as capacidades de refletir criticamente sobre informações obtidas através de diversas fontes foram desenvolvidas, nomeadamente pela atividade de identificação de factos *versus* ficção na porção inicial do filme “Ice Age 4 - continental drift”. Todos os alunos consideraram que a representação no filme da posição dos continentes no início e no final foi baseada em factos científicos, e 86% dos alunos indicaram que o interior da Terra subdividido em camadas era baseado no modelo do interior da geosfera e, destes, 25% referiu que a representação foi baseada no modelo geofísico e que o núcleo interno é sólido como no filme. Os alunos desenvolveram capacidades de pensamento crítico com esta atividade, sendo capazes após segunda visualização de porção do filme, de identificar aspetos baseados em factos científicos e aspetos de ficção, tais como a rapidez com que os continentes se separam, a possibilidade de conseguir atingir o núcleo e a causa do início da deriva.

4.1.7. Percepção dos alunos sobre avaliação do processo de aprendizagem

Também se analisaram as respostas dos alunos a questionário de avaliação do processo de aprendizagem (Senocak, 2009), o que permitiu verificar que os alunos consideram que:

- frequentemente (58%) ou sempre (42%) a professora colocou questões metacognitivas (“que nos fizeram pensar sobre a aprendizagem”), e que os motivou a expressarem as suas ideias de forma clara,

- frequentemente (33%) ou sempre (50%) que colocaram questões a professora deu pistas em vez de uma resposta completa,
- frequentemente (17%) ou sempre (75%) a professora os questionou sobre como chegaram à resposta e quais as etapas do seu raciocínio,
- frequentemente (42%) ou sempre (58%) a professora fez comentários sobre as suas propostas,
- desempenharam um papel importante na sua própria aprendizagem sempre (83%) ou frequentemente (17%),
- os problemas referiam-se a situações do quotidiano sempre (33%) ou frequentemente (25%),
- frequentemente (33%) ou sempre (50%) a resolução dos problemas foi acessível,
- frequentemente (25%) ou sempre (58%) os problemas admitiam várias soluções.

Relativamente aos aspetos de interação entre os alunos do grupo verificou-se o desenvolvimento de competências e atitudes, que os próprios alunos avaliaram, assim:

- 83% dos alunos considera que colaborou e discutiu ideias com os outros membros do grupo sempre,
- 75% dos alunos considera que respeitou as ideias dos outros elementos do grupo e partilhou os resultados da sua investigação,
- 75% dos alunos considera que participou tanto quanto possível no trabalho de grupo.

4.1.8. Questionário de desenvolvimento de capacidades metacognitivas

No final da ação foi solicitado aos alunos que refletissem sobre as suas próprias aprendizagens no sentido de verificar e potenciar o desenvolvimento de capacidades metacognitivas. Assim, foi solicitado aos alunos que classificassem o contributo de cada atividade para a sua aprendizagem do tema. Os alunos consideraram que todas as atividades contribuíram para a sua aprendizagem do tema da teoria da deriva continental e a maioria considerou que a apresentação tipo powerpoint pela docente foi o que mais contribuiu (Fig. 4.3).

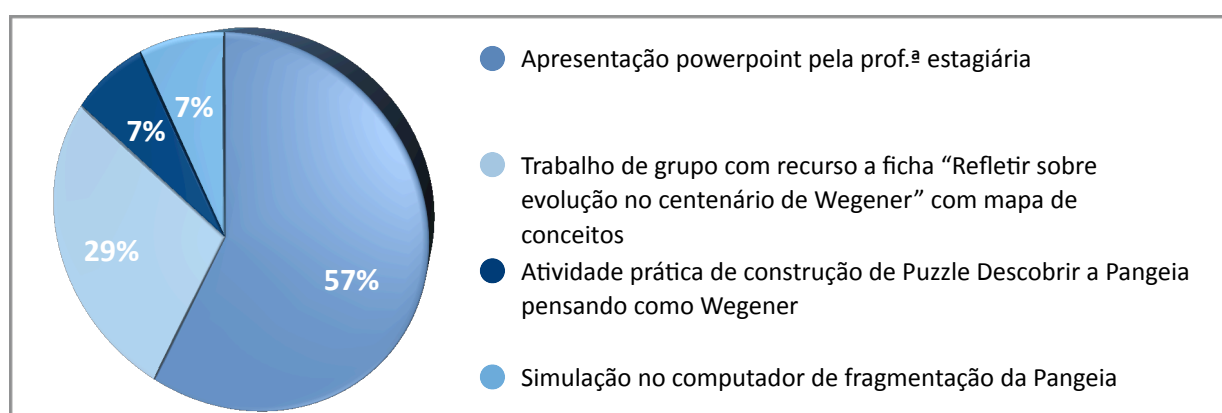


Fig. 4.3 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 7º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema teoria da deriva continental, apresenta-se a percentagem de alunos que a consideraram aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens. Nota: o total de respostas é 14.

Relativamente ao tema correntes de convecção, que a maioria dos alunos consideraram o tema mais difícil, os alunos consideram que ambas as atividades contribuíram para a sua aprendizagem mas a visualização de simulação no computador foi considerada como a que mais contribuiu por 43% dos alunos enquanto a atividade laboratorial foi considerada por 57% dos alunos.

As atividades que mais contribuíram para a sua aprendizagem de tectónica (Fig. 4.4) foi a atividade com o Google Earth (36% das respostas) e a apresentação eletrónica (43%).

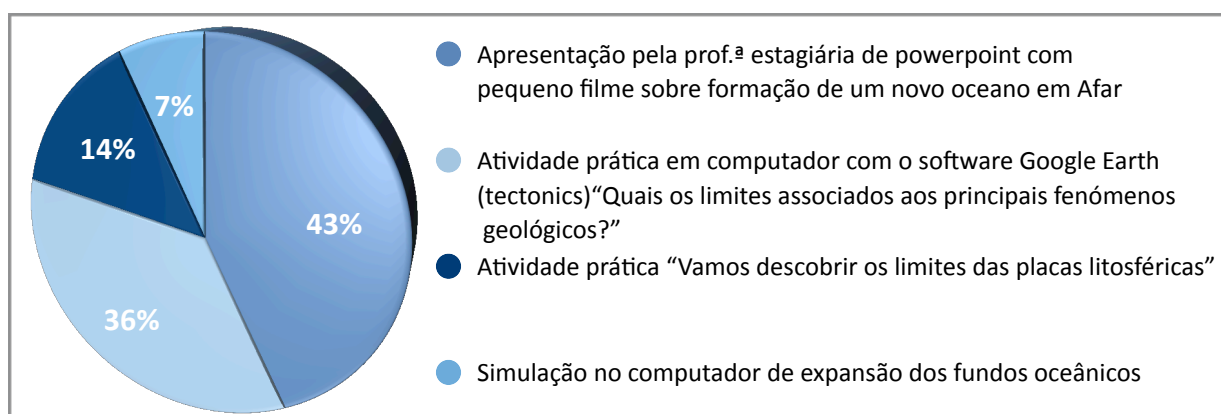


Fig. 4.4 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 7º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema teoria da tectónica de placas, apresenta-se a percentagem de alunos que a consideraram aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens. Nota: o total de respostas é 14.

Sobre o tema biodiversidade e distribuição geográfica de espécies verifica-se uma grande diversidade de preferências (Fig. 4.5), destacando-se com 46% de alunos a considerar a apresentação eletrónica com porções de documentário pela docente como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens.

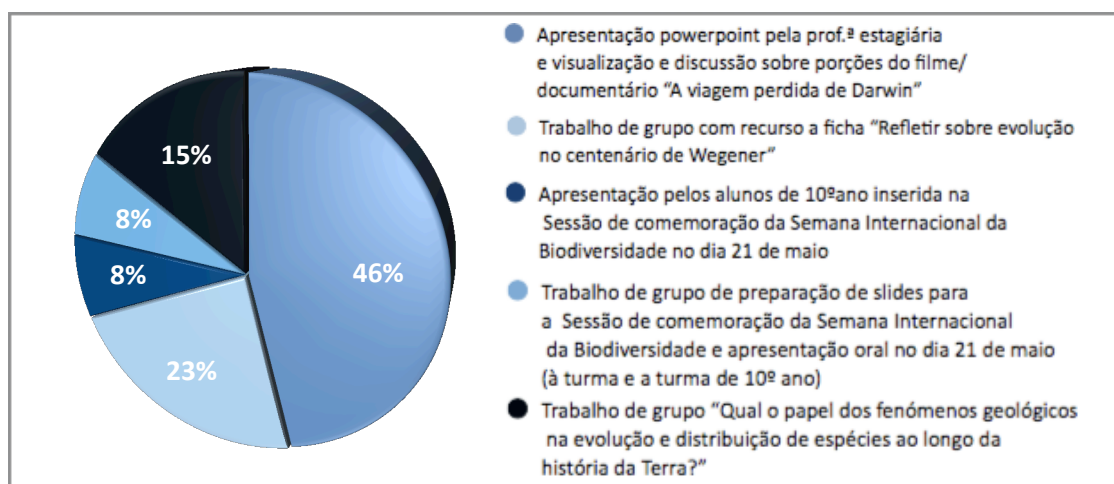


Fig. 4.5 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 7º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema biodiversidade e distribuição geográfica de espécies, apresenta-se a percentagem de alunos que a consideraram aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens. Nota: o total de respostas é 14.

4.1.9. Síntese das capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem

No final do ano letivo as classificações obtidas pelos alunos do 7º ano, relativamente a avaliação anual, resumem-se no gráfico abaixo (Fig. 4.6), salientando-se que apenas 2 alunos obtiveram nível 2 (um dos quais não transitou de ano), tendo os restantes 24 alunos obtido classificação de nível 3 ou superior.

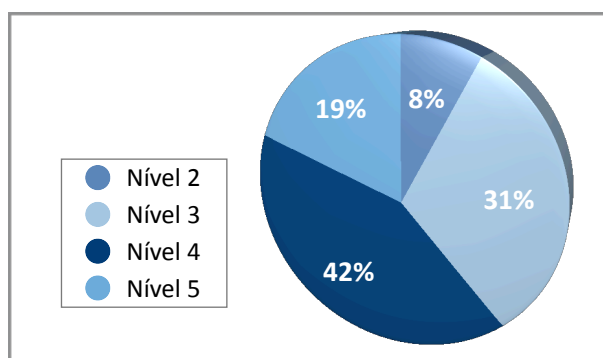


Fig. 4.6 - Gráfico com a distribuição dos níveis de classificação dos alunos de 7º ano da turma em estudo no 3º período (classificação anual). Total de 26 alunos.

Em termos de melhoria dos resultados dos alunos ao longo do ano, verifica-se que em geral todos os alunos da turma foram beneficiados por esta ação, tendo o número de alunos com classificação de nível 4 aumentado de sete alunos (no 1º período) para onze alunos (3º período), e de nível 5 aumentou de três para cinco alunos.

4.2. Resultados da ação em aulas de Biologia e Geologia do 10º ano de escolaridade

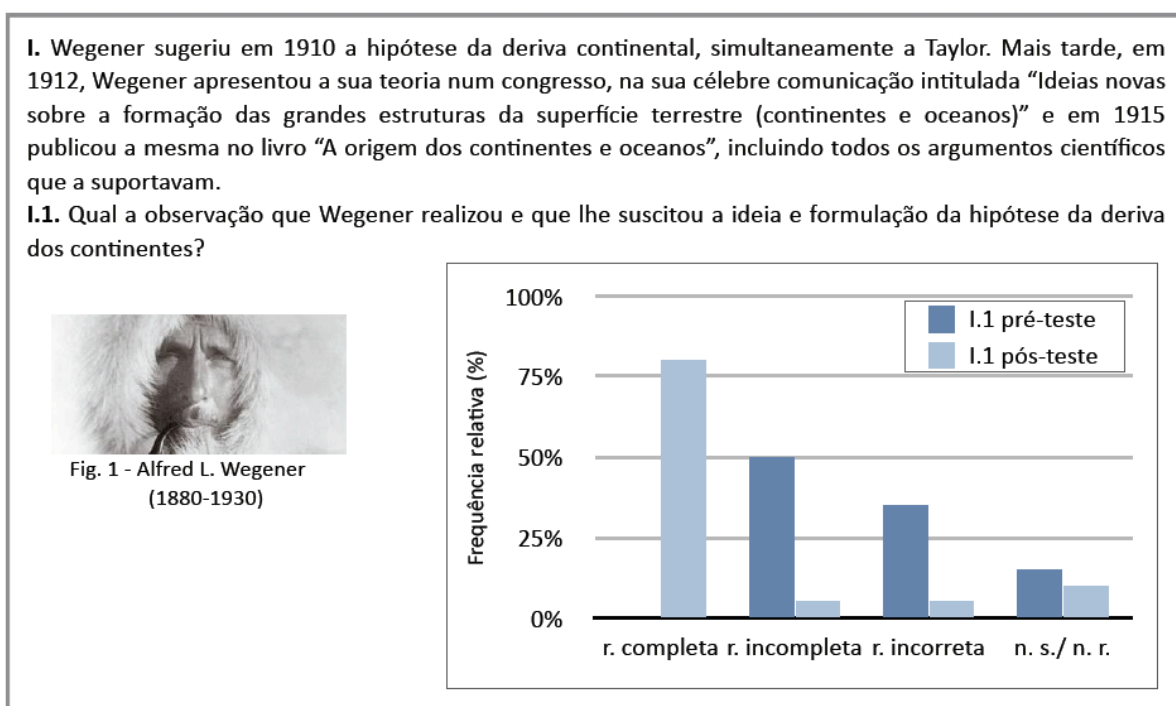
Vários aspetos foram avaliados nos alunos nomeadamente a participação no trabalho de grupo, a criatividade, o interesse demonstrado, a capacidade crítica e o aporte de opiniões, a qualidade da participação oral, a mobilização de saberes e a realização e qualidade de trabalhos extra sala de aula. Também foi pedido o contributo dos alunos na avaliação das aulas e do decorrer do processo de aprendizagem.

4.2.1. Evolução de capacidades e conhecimentos ao longo do tempo (pré vs. pós-teste)

A comparação das respostas no pré-teste e no pós-teste (Ficha de avaliação diagnóstica em Anexo) permitiu avaliar o impacto da ação nos alunos em relação a capacidades e conhecimentos ao longo do tempo, entre novembro e dezembro de 2012 (questões I e II) e entre dezembro e maio de 2013 (questões III). As capacidades avaliadas com as diversas questões enquadram-se quer no domínio conceptual quer no domínio procedimental.

Questões relativas a Wegener e à sua teoria

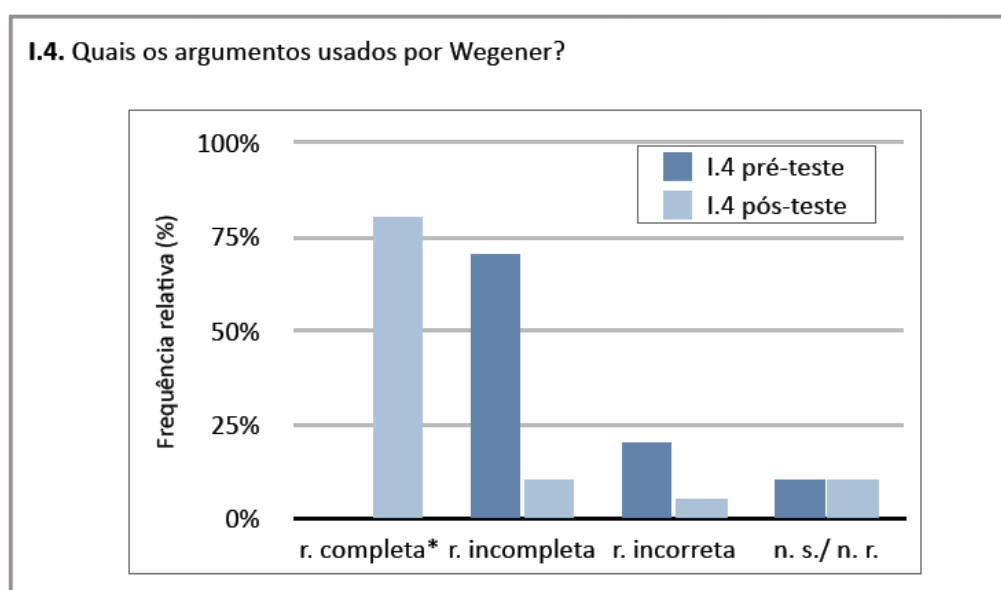
Relativamente à questão I.1. (Caixa 4.14) verificou-se um aumento significativo dos resultados obtidos da pré-ação para a pós-ação de 0 para 80% de respostas completas. Uma resposta típica, considerada completa, pós-ação foi: “[Wegener] observou que os continentes africano e sul americano encaixavam”.



Caixa 4.14 - Questão I.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão I.1, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Todos os alunos conseguiram responder corretamente à questão: “Qual o nome atribuído por Wegener ao supercontinente que existia durante o Pérmico?” (I.3) no momento pré-ação demonstrando conhecimentos adquiridos previamente (no 7º ano de escolaridade) relativamente ao conceito de supercontinente Pangeia, contudo não foram capazes de nomear nenhuma das teorias pré-Wegener (questão I.2).

Relativamente aos argumentos da Teoria da deriva dos continentes a questão I.4 avaliou os conhecimentos sobre os tipos de argumentos de Wegener (Caixa 4.15), uma vez que o momento pós-ação aconteceu antes de qualquer estudo pelos alunos, considerou-se resposta completa indicarem pelos menos 3 tipos de argumentos (dos 6 tipos referidos na aula).



Caixa 4.15 - Questão I.4. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20). *Nota: Considerou-se resposta completa se referidos pelo menos 3 tipos de argumentos.

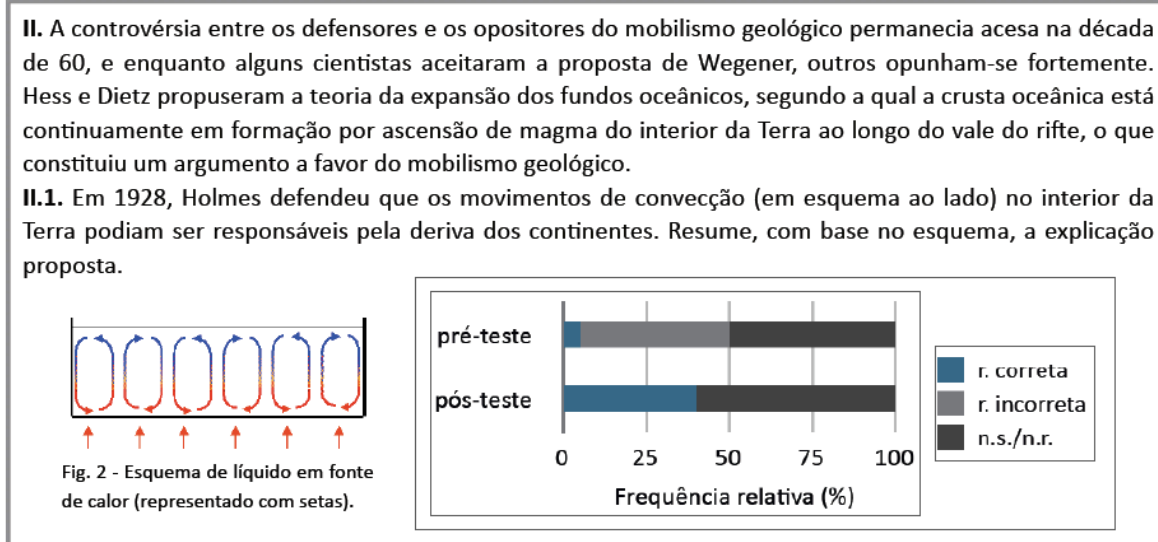
Dos adjetivos mais usados pelos alunos no pós-teste para caraterizar a teoria da deriva dos continentes, na questão: “Qual o adjetivo que considera melhor para caraterizar uma teoria sobre a qual Chamberlain (1928) disse: “se acreditarmos na hipótese de Wegener, temos de esquecer o que aprendemos nos últimos setenta anos e começar tudo novamente?” (I.5), o mais frequente foi “revolucionária” - correspondendo a 25% das respostas; outras caraterizações mais frequentes no pós-teste foram “imaginário”, “credível” e “ousado”. Também se verificou uma diminuição de alunos que não responderam de 65% (pré-teste) para 10% no pós-teste.

Na questão: “Segundo alguns autores a deriva dos continentes é uma teoria, enquanto outros a classificam como uma hipótese. Classifique segundo a sua opinião. Justifique distinguindo o significado de teoria e hipótese.” (I.6.) a resposta mais frequente foi “teoria”, verificando-se um ligeiro aumento durante a ação de 60% no pré-teste para 65% no pós-teste, enquanto a resposta “hipótese” se manteve nos 25%. Como previsto a ação aumentou a

frequência e qualidade da justificação das respostas pós-ação, destacando-se aqui a de alguns alunos: “uma teoria é mais aceite e tem argumentos que a justifiquem, uma hipótese é apenas um palpite”, “teoria é uma hipótese que tem fundamentos, ou seja tem argumentos”, “teoria tem argumentos que a sustentam”.

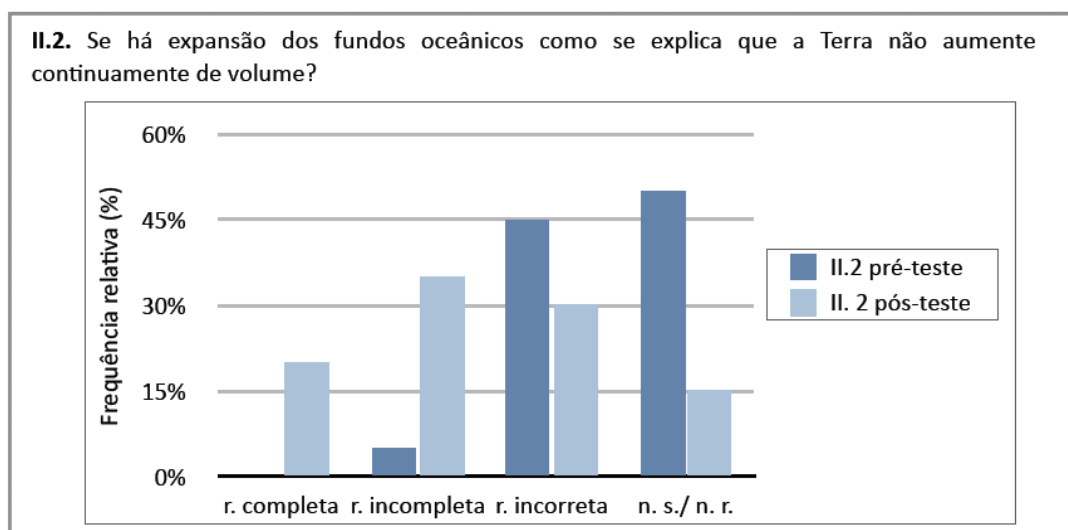
Questões relativas à fase da deriva dos continentes à tectónica de placas

Quanto à questão II.1 (Caixa 4.16) observou-se um aumento significativo da frequência de respostas corretas de 5% para 40% e uma diminuição da frequência das respostas incorretas de 45% (pré-teste) para 0% (pós-teste).



Caixa 4.16 - Questão II.1. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão II.1, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Relativamente à questão II.2. foi possível perceber as concepções alternativas mais frequentes nos alunos, verificando-se 45% de respostas incorretas no pré-teste que diminuiu para 30% depois da ação (Caixa 4.17). Algumas das respostas incorretas dos alunos, mais frequentes, no pré-teste foram: “com a expansão nalgum local as placas vão chocar formando montanhas impedindo então que a Terra aumente”, “porque se vão sobrepondo coisas” e “a Terra não aumenta de volume pois dá-se erosão dos fundos oceânicos”. Observa-se que a frequência de respostas corretas (completas + incompletas) aumentou de 5% para 55% (Caixa 4.17).



Caixa 4.17 - Questão II.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão II.2, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

A abordagem CTSA realizada durante a ação promoveu aprendizagens nos alunos que foram avaliadas, nomeadamente através da questão II.3. (“De que forma o desenvolvimento da tecnologia contribuiu para resolver a controvérsia entre os defensores e os opositores da teoria do mobilismo geológico?”) em que houve um aumento de 40% para 75% de respostas corretas. Uma das respostas considerada correta pelos alunos foi: “Para podermos saber se existe mobilismo geológico precisamos de medir esse movimento, para medirmos necessitamos de instrumentos de medida, isto é, tecnologia.”

Em termos de pré-requisitos relativamente à Teoria da tectónica de placas o nível de conhecimentos é inferior ao esperado, uma vez que os temas são lecionados no 7º ano de escolaridade, por exemplo na questão: “Indique qual o tipo de limite associado a um local da Terra onde futuramente poderá surgir um novo oceano” (II.6.) a frequência de respostas corretas é de apenas 20%; e na questão: “Denomine a parte superior do manto da Terra sobre a qual “flutuam” as placas litosféricas.” (II.7) a frequência de respostas corretas é 0%. Contudo a frequência de respostas corretas, para a questão II.6., aumentou pós-ação para 75% e em relação à questão II.7 observou-se um aumento de 0% para 25% na frequência de respostas corretas.

Questões relativas à distribuição geográfica de espécies

Relativamente à questão III.1. (Caixa 4.18) foi possível verificar a frequência de respostas corretas superior a 90% (pré-teste e pós-teste).

III. Os fenómenos geológicos interferem com a distribuição geográfica dos seres vivos, sendo por vezes responsáveis pela extinção e/ou aparecimento de novas espécies.

III.1. Complete a seguinte afirmação (com *diminuição* ou *aumento*): A regressão marinha é um fenómeno geológico caracterizado por ____ do NMM (nível médio das águas do mar) que poderá provocar ____ da biodiversidade marinha.

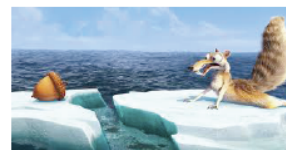
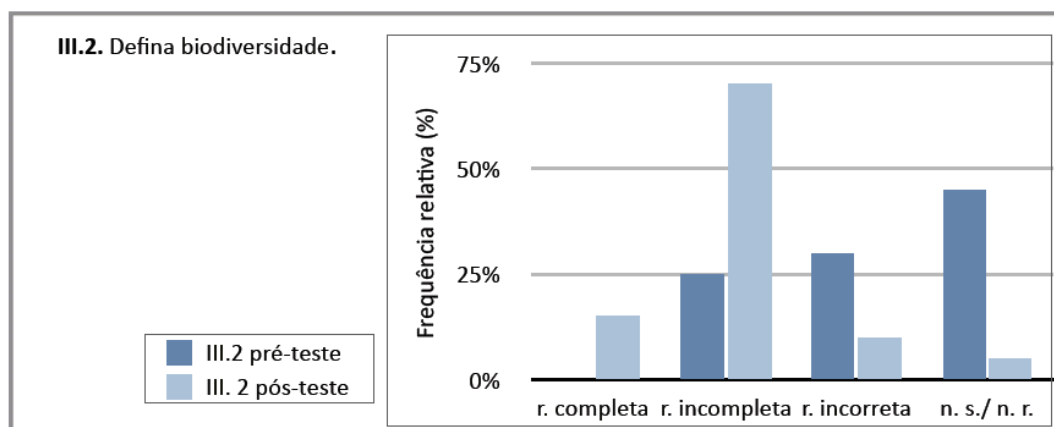


Fig. 3 - Imagem do filme "Ice Age 4 - Continental drift".

Caixa 4.18 - Questão III.1 aos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação.

A questão III.2. (Caixa 4.19) que pretendia avaliar o conhecimento do conceito de biodiversidade permitiu perceber algumas pré-concepções erradas, nomeadamente a confusão com o conceito de biosfera. Durante a ação ambos os conceitos foram trabalhados com os alunos e obteve-se, no final da ação, um aumento de 25% (pré-teste) para 85% (pós-teste) da frequência de respostas corretas relativamente a biodiversidade.



Caixa 4.19 - Questão III.2. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão III.2, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Em relação à Teoria da Evolução de Darwin apenas 20% dos alunos a conheciam enquanto 55% dos alunos no final da ação responderam corretamente à respetiva questão ("III.3. Darwin propôs uma teoria para explicar a biodiversidade no seu livro "A origem das espécies", em 1859. Qual o nome dessa teoria?").

Para a questão III.5. (Caixa 4.20) nenhum aluno forneceu a resposta correta (alínea "c") em nenhum dos momentos; contudo enquanto no pré-teste apenas 50% selecionou a alínea "a" (e 45% não sabiam) no pós-teste esta frequência correspondeu a 90% (apenas 10% dos alunos não sabiam), que pode ser considerado algo positivo uma vez que sugere que os alunos relacionaram a resposta com a evolução.

III.5. Selecione a opção correta para completar a frase seguinte que resume a explicação de Darwin sobre a existência de diferentes espécies de tentilhões nas ilhas Galápagos:

Em cada ilha observa-se uma espécie de tentilhão com um formato de bico diferente...

- a) assim, a que observamos foi a que desenvolveu o bico adequado ao tipo de alimento disponível.
- b) porque voaram do continente diferentes espécies que escolheram a ilha onde viver.
- c) mas poderão ter existido várias espécies e apenas uma sobreviveu.



Caixa 4.20 - Questão III.5 aos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação.

Observou-se que a frequência de seleção da alínea “b” de 5% no pré-teste para 0% no pós-teste.

A questão III.6. (Caixa 4.21) permitiu avaliar os conhecimentos prévios sobre a teoria de Darwin, nomeadamente o conceito de ancestral comum; sendo a frequência de respostas corretas de 5% (pré-teste). A frequência de respostas corretas aumentou para 70% após a ação e a frequência de alunos que não sabe (ou não responde) diminuiu de 70% (pré-teste) para 0% (pós-teste).

III. Darwin observou as semelhanças morfológicas entre emas e avestruzes e considerou este facto como evidência da sua Teoria. Atualmente é possível comparar o ADN de diferentes espécies. A Fig. 8, semelhante a uma árvore familiar, representa as relações filogenéticas entre as diferentes espécies de aves corredoras.

III.6. Indique o nome que Darwin teria atribuído a X.

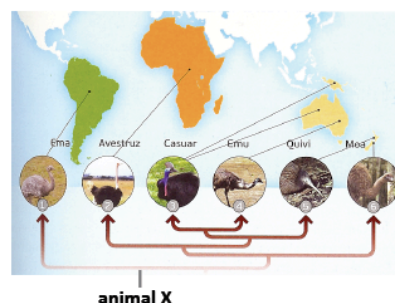
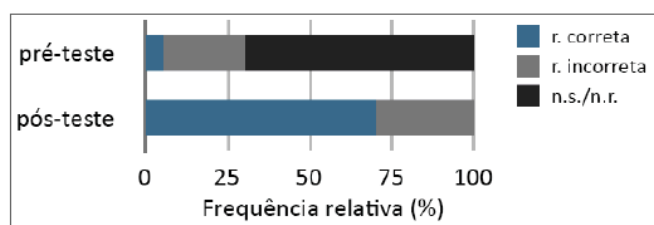
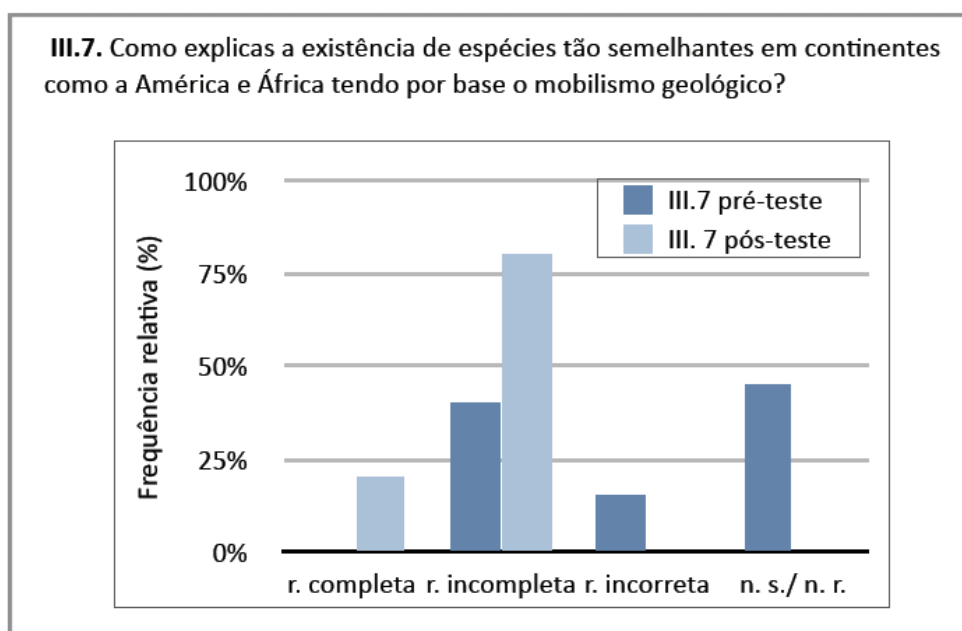


Fig. 8 - Relações filogenéticas das aves corredoras (adapt. Descobrir a Terra).

Caixa 4.21 - Questão III.6. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão III.6, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

Com a questão III.7. (Caixa 4.22) pretendeu-se avaliar a capacidade de mobilizar conhecimentos sobre mobilismo geológico e observou-se a frequência de respostas corretas de 40% no pré-teste. Observou-se um aumento da frequência de respostas corretas à questão III.7 para 100% no pós-teste, e o surgimento de respostas completas com a frequência de 20% (caixa 4.22).



Caixa 4.22 - Questão III.7. do pré e pós-teste e distribuição de respostas obtidas, à questão III.7, pelos alunos do 10º ano da turma em estudo no momento pré-ação e pós-ação (n=20).

4.2.2. Caracterização do ambiente de aprendizagem: *Qual o argumento mais convincente?*

Durante a ação as atividades práticas foram alvo de avaliação formativa e registo de respostas dadas pelos alunos, no caso da questão-problema “Qual o argumento mais convincente?” (ver Fig. 3.4) os alunos, em grupos de três ou quatro elementos, analisaram a situação-problema e usaram fontes de pesquisa. As respostas fornecidas pelos alunos foram:

- ▶ argumentos paleontológicos (por 4 dos 6 grupos),
- ▶ argumentos geológicos (por 1 grupo),
- ▶ argumentos paleoclimáticos (por 1 grupo).

4.2.3. Diversificação do ambiente de aprendizagem

Foram desenvolvidas quatro atividades (descritas na secção 3.1 e 3.6.2) que eventualmente contribuíram para a ação, cuja eficácia foi avaliada no pós-teste e apresentada na secção anterior, e que diversificaram o ambiente de aprendizagem, estimulando os vários estilos de aprendizagem.

Saída de campo à Praia de Lavadores/Reserva Local do Estuário do Douro

Durante a ação houve vários momentos de avaliação formativa, nomeadamente associados à saída de campo a Lavadores tais como: atividades práticas propostas no guião e realizadas durante o percurso, trabalhos de pesquisa propostos no guião e relatório da saída de campo. Relativamente aos temas propostos apenas 1 dos 7 grupos selecionou a temática da Reserva

Local do Estuário do Douro para pesquisa. No âmbito desta ação, na paragem 1 - terraços fluvio-marinhos, foram assinaladas as evidências de vários momentos de variação do nível médio das águas do mar naquela área geográfica e, na paragem 9 - Cabedelo, foi visualizada a Reserva Natural Local do Estuário do Douro. Também esta atividade foi avaliada pelos alunos através de questionário. Os alunos fizeram a avaliação da saída numa escala de 1 (discordo totalmente) a 4 (concordo totalmente) e relativamente à utilidade do guião a média de respostas foi de 3,5. Os alunos concordam totalmente que a saída contribuiu para o aumento do conhecimento (3,7) e promoção das aprendizagens de Biologia e Geologia (3,6) e que o local foi adequado (3,7). Na sequência da visita, os alunos concordam totalmente que a mesma contribuiu para a consciencialização da necessidade de proteção do património geológico.

Mapa de conceitos sobre mobilismo geológico

Outro momento de avaliação formativa integrado na ação foi a atividade de elaboração do mapa de conceitos sobre mobilismo geológico, iniciado na aula, como atividade extra-aula, a correção permitiu observar que 92,5% dos alunos obtiveram classificação positiva, 70% dos alunos obteve classificação ≥ 14 valores e < 17 valores, enquanto 15% dos alunos obteve ≥ 17 valores.

Usando o Google Earth (tectonics)

No que se refere ao preenchimento, em grupo, de uma tabela síntese com recurso ao software Google Earth (tectonics) e documentos de pesquisa sobre distribuição mundial de ocorrência de sismos e de vulcões, foi possível desenvolver capacidades de relacionar cada tipo de limite tectónico com os fenómenos geológicos que aí ocorrem e de formulação de previsões de fenómenos geológicos futuros. Cada grupo preencheu no quadro a sua proposta para uma área geográfica, que foi discutida em grupo-turno e sempre que necessário corrigida pela docente.

Ciclo de conferências

No âmbito desta ação foi proposto aos alunos como fonte de pesquisa as palestras para responderem às questões-problema: *Quais as evidências, obtidas pelas diversas Ciências, que comprovam o mobilismo geológico? De que forma comprovam?* e *Como se explica a presença de algumas espécies apenas em alguns locais da Terra?*. A avaliação pelos alunos foi bastante positiva uma vez que 90% dos alunos concordam (dos quais 47% concorda totalmente) que foi interessante realizar o trabalho de grupo com informações obtidas nas palestras e também 90% dos alunos concorda (47% concorda totalmente) que a aula dada previamente pela professora-investigadora ajudou a entender melhor as palestras. Foi possível verificar o desenvolvimento de capacidades do domínio conceptual na síntese de informações, recolhidas durante as palestras e de capacidade de questionamento com as questões colocadas aos palestrantes, que cada grupo partilhou, posteriormente, com o resto da turma.

4.2.4. Capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem

Avaliação sumativa

As questões sugeridas para a Ficha de Avaliação permitiram avaliar a mobilização de conhecimentos, nomeadamente na questão: “Indique a importância do mecanismo proposto por Holmes para fundamentar a Teoria da Deriva dos Continentes.” (questão 2.2) em que se observou que 65% dos alunos obteve a resposta correta (30% elaboraram resposta completa enquanto 35% resposta incompleta), 10% dos alunos responderam de forma incorreta e 25% dos alunos não respondeu.

Através da questão: “Refira duas tecnologias que contribuíram para a integração da Teoria da Deriva dos Continentes na Teoria da Tectónica de Placas.” (questão 2.3) foi possível observar resposta correta em 50% dos alunos (10% dos alunos não responderam e 40% responderam de forma incorreta).

Relativamente à questão 2.4. (Justifique a afirmação seguinte: “A Teoria da tectónica de placas é a teoria síntese de outras teorias anteriores.”) observou-se que 80% dos alunos respondeu corretamente (25% de forma completa e 55% de forma incompleta), 10% responderam incorretamente e 10% não responderam.

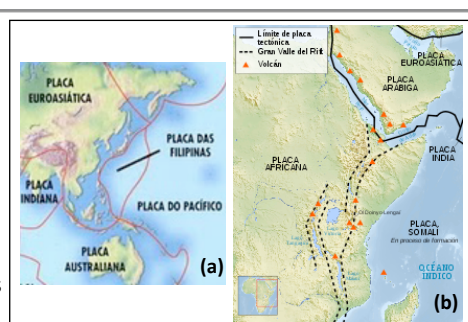
Relativamente à questão 3.1. (Caixa 4.23) observámos 95% de alunos que responderam corretamente (40% de forma completa e 55% de forma incompleta) e 5% responderam incorretamente. Uma das respostas completas por um dos alunos foi: “A altitude aumenta devido aos movimentos convergentes contínuos entre as placas Indiana e Euroasiática.”

3. Com base na figura 2 **fundamente** as afirmações:

3.1. “A altitude dos Himalaias continua a aumentar à razão aproximada de 5 mm por ano.”

3.2. “Prevê-se o surgimento de um novo oceano daqui a 10Ma em Afar (no Rift oriental africano)”.

Figura 2 - Representação de placas (e microplacas) litosféricas na região dos Himalaias (a) e de Afar (b).



Caixa 4.23 - Questões 3.1 e 3.2 da Ficha de avaliação sumativa apresentada à turma em estudo de 10º ano.

A frequência de alunos que elaborou uma resposta correta à questão 3.2. (Fig. 80) foi 85%, entre os quais 10% de forma completa e 75% de forma incompleta, 5% incorretamente e 10% não responderam. Uma das respostas completas por um dos alunos foi: “Como mostra a figura a crosta continental africana está a fraturar-se. A placa africana e a placa da Somália estão a divergir uma em relação à outra, ou seja, estão a afastar-se. Este movimento vai fazer com que as placas se partam totalmente e no meio dessa fratura vai-se depositar água e, com o sucessivo afastamento, vai formar-se um oceano.”

Na ficha de avaliação sumativa, posterior, relativa à temática da diversidade biológica, na questão 2.1. (Caixa 4.24) observámos 94% de respostas corretas (83% completas e 11% incompletas) e 6% incorretas, sendo uma das respostas mais frequentes a destruição de habitats.

2. Leia o seguinte texto:

Eventualmente, todas as espécies se extinguem, ou evoluem, dando origem a novas espécies, no entanto, os biólogos estimam que diariamente, até 200 espécies sofrem extinção prematura devido, essencialmente, à ação humana. Urge mudar este estado de coisas. O Homem depende da biodiversidade para a sua sobrevivência. A obtenção de alimentos, de combustíveis, de fibras, de madeira, de papel, de medicamentos e de muitos outros bens está dependente da manutenção da biodiversidade.

Miller, T. (1988). *Living in the Environment*. 13th Edition. Thomson. Pacific Grove. USA (adaptado)

2.1. **Indique** duas atividades humanas que contribuem para a perda de biodiversidade.

Caixa 4.24 - Questão 2.1 da ficha de avaliação sumativa relativa à temática da Diversidade biológica (10º ano).

Relativamente à questão 2.2. (“Comente a afirmação: “O texto acima reflete uma perspetiva antropocêntrica relativamente à importância da conservação da biodiversidade.”) observou-se uma frequência de 61% de respostas corretas (39% completas e 22% incompletas) o que traduz a eficácia da ação quanto ao desenvolvimento de capacidades de reconhecimento da importância de conservação da biodiversidade.

Questionário final sobre aplicação de aprendizagens

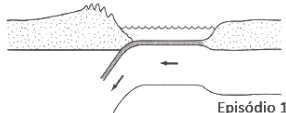

No questionário final sobre aplicação de aprendizagens relativamente ao tema de mobilismo geológico verificaram-se bons resultados, nomeadamente na questão 1 (Caixa 4.25), do grupo III, em que se obteve 70% de respostas corretas (alínea a), e apenas 15% incorretas.

1. Wegener considerava que os continentes se moviam, o que se veio a confirmar e a incluir na Teoria da Tectónica de Placas.

Atualmente, sabe-se que a superfície da Terra encontra-se subdividida em (Fig.5):

- placas litosféricas rígidas que apresentam movimento.
- placas crustais rígidas que apresentam movimento.
- placas litosféricas sem rigidez que apresentam movimento.
- placas crustais sem rigidez que apresentam movimento.

2. O esquema representa o que acontece em determinada região do globo desde há 50Ma (episódio 1) e no presente (episódio 2).

2.1. Selecione a opção que completa corretamente a frase.
Estas placas convergentes definem...

- ...um limite tectónico construtivo, isto é, subducção de uma placa litosférica.
- ...um limite tectónico destrutivo, isto é, subducção de uma placa litosférica.
- ...um limite tectónico construtivo, isto é, formação de uma litosfera.
- ...um limite tectónico destrutivo, isto é, formação de uma litosfera.

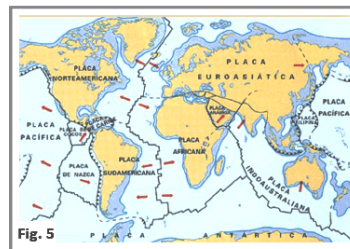


Fig. 5

Fig. 6

Caixa 4.25 - Questão 1 e 2 do questionário final sobre aplicação de aprendizagens da turma em estudo de 10º ano.

Na questão 2.1 (Caixa 4.25) verificámos 85% de respostas corretas (alínea b) e 15% incorretas.

4.2.5. Percepção dos alunos sobre avaliação do processo de aprendizagem

Também se analisaram as respostas dos alunos a questionário de avaliação do processo de aprendizagem (Senocak, 2009), o que permitiu verificar que:

- 80% dos alunos considera que a professora colocou questões que os fizeram pensar sobre a aprendizagem frequentemente ou sempre;
- entre 60 a 80% dos alunos consideram que quando colocaram questões à docente esta deu pistas em vez de uma resposta completa frequentemente ou sempre;
- entre 50 e 80% dos alunos considera que ocorreu frequentemente ou sempre o incentivo dado pelo professor para investigar em várias fontes de informação.
- entre 50 e 75% dos alunos considera que sempre ou frequentemente a professora os motivou para expressar as suas ideias de forma clara;
- entre 58 e 70% dos alunos considera que a professora fez comentários sobre as suas propostas;
- entre 68 a 85% considera que a professora os questionou sobre como chegaram à resposta e quais as etapas de raciocínio seguidas.
- entre 74 e 85% dos alunos considerou que desempenharam um papel importante na sua própria aprendizagem sempre ou frequentemente;
- entre 63 a 70% consideram que cumpriram sempre as tarefas propostas no trabalho de grupo;
- entre 80 a 100% dos alunos consideram que houve colaboração entre membros do grupo;
- entre 74 a 80% dos alunos considera ter ocorrido sempre o respeito pelas ideias dos outros elementos do grupo.

Também se pediu que se pronunciassem sobre a qualidade do problema (Senocak, 2009), sendo que 85% dos alunos considera que os problemas, sempre ou frequentemente, foram apresentados em linguagem compreensível e 42 a 60% dos alunos considerou que os problemas admitiam várias soluções sempre ou frequentemente.

4.2.6. Questionário de desenvolvimento de capacidades metacognitivas

No final da ação foi solicitado aos alunos que refletissem sobre as suas próprias aprendizagens e relativamente ao tema da teoria da deriva continental, os alunos consideram que todas as atividades contribuíram para a sua aprendizagem e a maioria considerou que o trabalho de grupo foi aquela que mais contribuiu (Fig. 4.7).

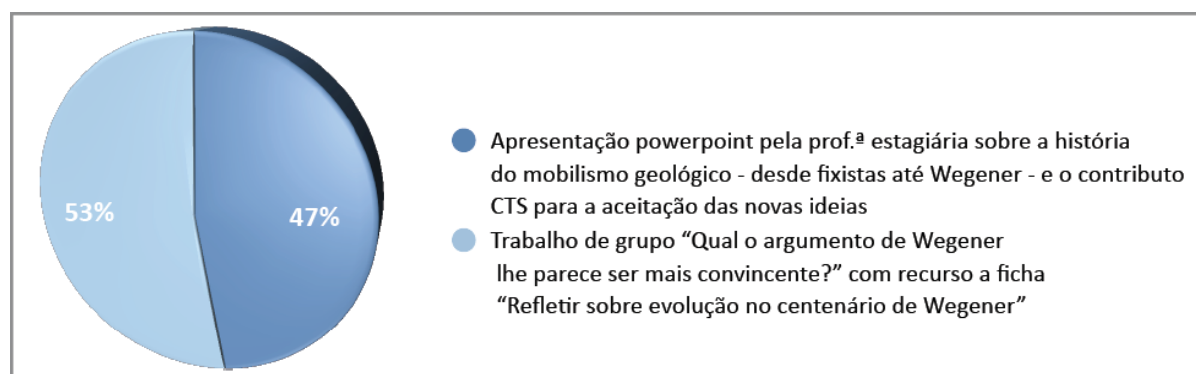


Fig. 4.7 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Mobilismo geológico - subtema Teoria da deriva continental; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

No tema da teoria da tectónica de placas, os alunos consideram que todas as atividades contribuíram para a sua aprendizagem e a maioria dos alunos considerou que o trabalho de grupo foi o que mais contribuiu (Fig. 4.8).

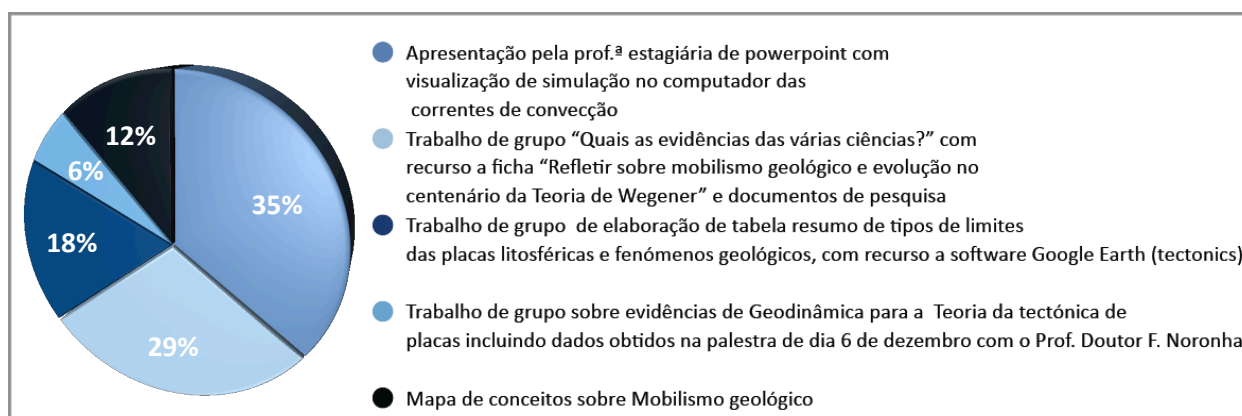


Fig. 4.8 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Mobilismo geológico - subtema teoria da tectónica de placas; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

A maioria dos alunos considerou que a atividade que mais contribuiu para as suas aprendizagens no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema Relação entre o mobilismo geológico e a biodiversidade, foi a atividade proposta no Guia de Saída de campo a Lavadores sobre regressão e transgressão marinhas: Paragem 1 - Terraços fluvio-marinhos e em seguida a comemoração da semana da Biodiversidade, incluindo palestra (Fig. 4.9).

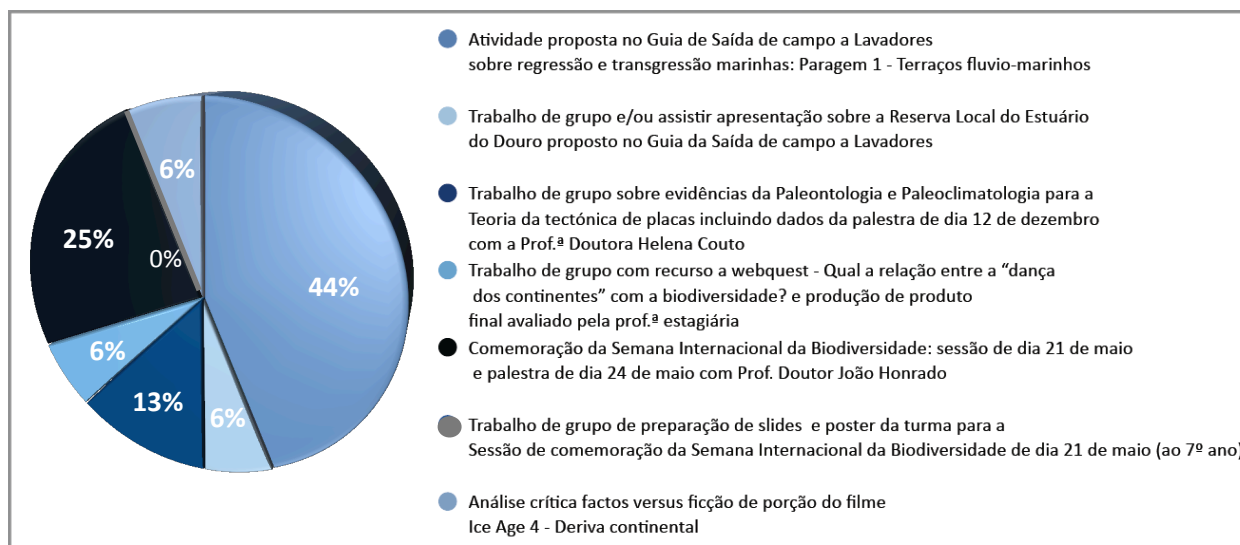


Fig. 4.9 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema Relação entre o mobilismo geológico e a biodiversidade; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

A maioria dos alunos considerou que a atividade que mais contribuiu para as suas aprendizagens no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema Evolução e extinção da biodiversidade ao longo do tempo, foi a apresentação powerpoint pela professora-investigadora com discussão, e também o trabalho de grupo com recurso a ficha “Refletir sobre evolução no centenário de Wegener” (Fig. 4.10).

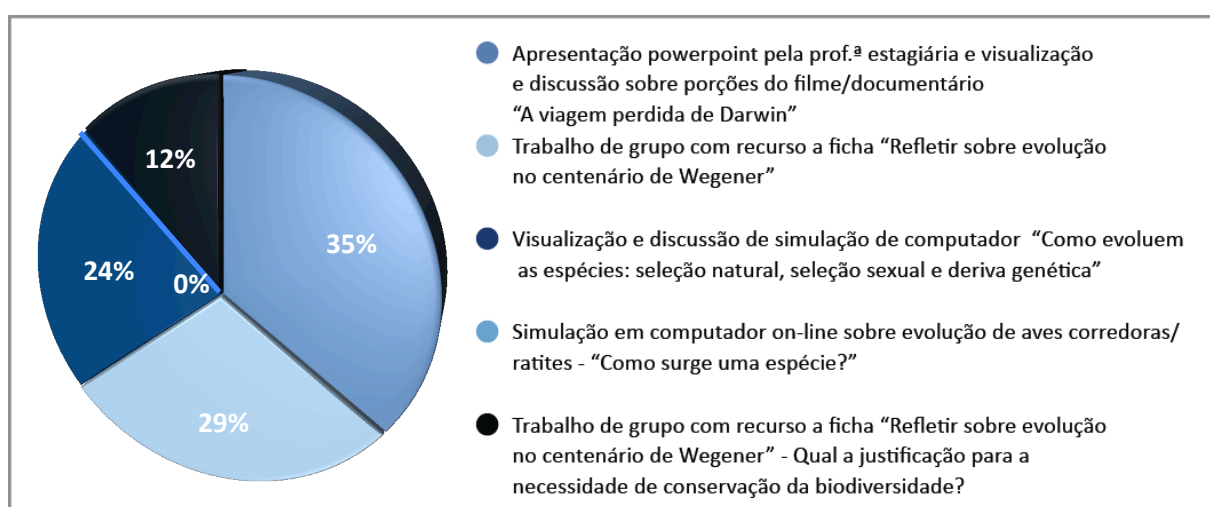


Fig. 4.10 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema Evolução e extinção da biodiversidade ao longo do tempo; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

Sobre o subtema biodiversidade atual verifica-se uma grande diversidade de preferências relativamente à atividade que mais contribuiu, encontrando-se as percentagens mais elevadas nas atividades de sala de aula sobre o conceito de espécie e de construção da definição de biosfera (Fig. 4.11).

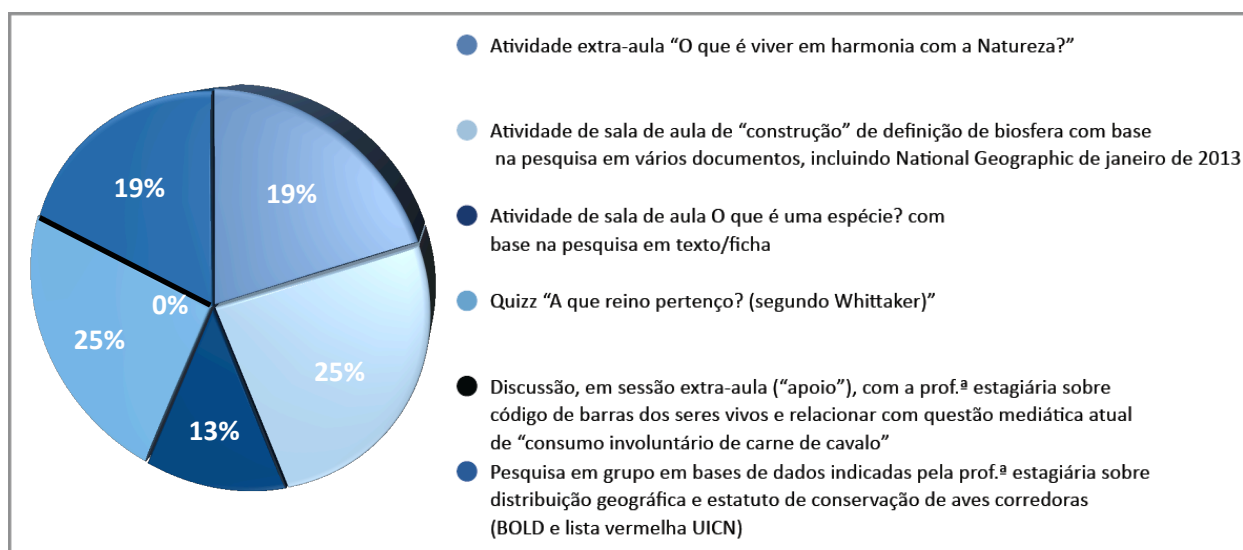


Fig. 4.11 - Gráfico com a distribuição de respostas dos alunos do 10º ano ao *Questionário de conhecimentos e aprendizagens realizadas* - para cada atividade, no âmbito do tema Diversidade biológica - subtema biodiversidade atual; apresenta-se a percentagem de alunos que consideraram a atividade referida como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (n=17).

4.2.7. Síntese capacidades desenvolvidas no processo ensino-aprendizagem

No final do ano letivo as classificações obtidas pelos alunos da turma em estudo do 10º ano, relativamente a avaliação anual, resumem-se no gráfico da Fig. 4.12, os resultados foram em geral bons, porque houve melhoria ao longo do ano, contudo houve 6 alunos da turma que ficaram retidos.

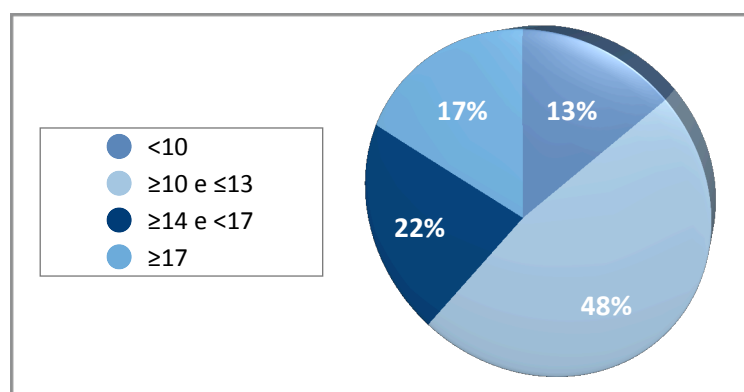


Fig. 4.12 - Gráfico com a distribuição da classificação dos alunos da turma de 10º ano no 3º período (classificação anual) numa escala de 0 a 20 valores. Total de 23 alunos (dos 26 alunos inicialmente pertencentes à turma, 3 não têm classificação final porque 1 é aluno domiciliário, 1 anulou a matrícula e 1 reprovou por faltas).

Em termos de melhoria dos resultados dos alunos ao longo do ano, o número de alunos com classificação superior ou igual a 17 valores aumentou de 2 (no 1º período) para 4 alunos (no 3º período), e a classificação de alguns alunos, que se mantiveram na categoria de classificação superior ou igual a 14 e inferior a 17 valores, aumentou até 2 valores.

CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO

Esta I-A centrou-se em dois episódios relevantes da História da Ciência, usando diferentes estratégias na diversificação do ambiente de aprendizagem, como sugerido por outros (Lederman *et al.*, 2002; Mamlok-Naaman *et al.*, 2005; Kirschner *et al.*, 2006; Schmidt *et al.*, 2011), algumas das quais concebidas pela autora de forma a incluírem aspetos de Natureza da Ciência. Optou-se por dois episódios relevantes da História da Ciência com potencialidade de serem usados de forma integrada usando andaimeamentos adequados sobre Biogeografia, nomeadamente sobre a distribuição geográfica de aves paleognatas. Tal como sugerido por Azer *et al.* (2013), a integração de estratégias diversas potencia as aprendizagens.

O episódio de Wegener foi usado em contexto de celebração do centenário da primeira comunicação pública da sua teoria (1912-2012) o que está descrito, por San Román (2012), como excelente ambiente de aprendizagem. Como descrito por Kirschner *et al.* (2006) a promoção de aprendizagens significativas é promovida pelo andaimeamento das aprendizagens através de recursos adequados, que complementem o uso de novas tecnologias e que contenham a descrição das diversas fases necessárias à resolução da questão-problema facilitando o registo de resultados intermédios, o que foi implementado nesta ação.

No processo de ensino-aprendizagem recorreu-se à PBL; contudo, não se pretendeu comparar outras metodologias e estratégias educativas, usando-se apenas diferentes formas de PBL. Com os alunos de 7º ano de escolaridade promovendo os diversos estilos com diferentes estratégias fez-se um estudo de estilos de aprendizagem através de um questionário VARK.

5.1. Aprendizagem por PBL

Considerou-se que o sucesso da implementação de uma forma de aprendizagem não familiar para os alunos - a PBL - e de acordo com outros estudos (Ertmer & Simons, 2006) deveria começar com pequenas subunidades de forma a envolver melhor os alunos na sua própria aprendizagem, o que foi concretizado com subunidades com questões-problema específicas associadas (ver caixas 3.1 a 3.5 no Capítulo 3).

Tentou-se que todos os alunos pudessem beneficiar da metodologia - o que parece ter sido conseguido tendo por base a análise dos resultados das classificações finais obtidas pelos alunos das duas turmas em estudo (ver Capítulo 3, Fig. 3.2 e Capítulo 4, Fig. 4.2 para o 7º ano) com um aumento dos níveis de classificação de 4 e 5 e dos níveis de classificação ≥ 17 valores (ver Capítulo 3, Fig. 3.3 e Capítulo 4, Fig. 4.12 para o 10º ano).

No ensino da Biologia e da Geologia há poucos recursos, nomeadamente conteúdos nos currículos e manuais nacionais (Ferreira & Morais 2013) sobre Natureza da Ciência, por isso recorreu-se à produção de recursos educativos, nomeadamente para os alunos do ensino secundário, sobre pensamento geológico e biológico. Relativamente à Natureza da Ciência a ação foi eficaz, em ambas as turmas em estudo, uma vez que 70% dos alunos de 10º ano

caracterizaram o conhecimento científico corretamente, nomeadamente como dinâmico (questão 2.1 da Ficha de avaliação sumativa) e verificou-se, na turma de 7º ano, um aumento da frequência desta resposta de 5% no pré-teste para 63% no pós-teste. A importância da observação de Wegener, neste contexto, foi também considerada relevante tendo em consideração as concepções vigentes, por mais de 75% dos alunos de ambas as turmas em estudo (pós-ação, em caixa 4.1 e caixa 4.14).

À questão-problema “Qual o argumento mais convincente?” ambas as turmas em estudo responderam de forma distinta, sendo que no 10º ano a maioria dos grupos de alunos respondeu argumentos paleontológicos (4 dos 6 grupos), enquanto a maioria dos grupos de alunos de 7º ano responderam argumentos morfológicos (4 dos 7 grupos).

Relativamente aos argumentos de Wegener e aspetos da controvérsia da Deriva dos Continentes à Tectónica de Placas verificou-se o desenvolvimento de conhecimentos nos alunos de ambos os níveis de escolaridade (pré-ação no 7º ano, caixa 4.2 e 4.3 e pós-ação no 7º ano, caixa 4.2 e 4.3 e no 10º ano, caixa 4.15). Os conhecimentos relativos à teoria da tectónica de placas foram desenvolvidos como se verifica para o 7º ano (caixa 4.7) e para o 10º ano (Caixa 4.23 e 4.25).

O conceito de biodiversidade foi alvo de atenção em ambos os anos de escolaridade e verificou-se um aumento de 25% (pré-ação) para 85% (pós-ação) das respostas corretas dos alunos de 10º ano e de 42% (pré-ação) para 75% (pós-ação) das respostas corretas dos alunos de 7º ano. Nas questões sobre conservação da biodiversidade obteve-se 61 a 94% das respostas corretas pelos alunos do 10º ano (caixa 4.24). Relativamente às atividades concebidas para estas aprendizagens pela professora-investigadora a pesquisa em grupo em bases de dados on-line sobre a distribuição geográfica e estatuto de conservação das aves paleognatas foi uma das atividades preferidas pelos alunos e 19% dos alunos consideraram-na como aquela que mais contribuiu para as suas aprendizagens (Fig. 4.11) enquanto 35% (do 10º ano, Fig. 4.10) e 46% (do 7º ano, Fig. 4.5) dos alunos considerou a aula com a apresentação eletrónica e 29% (do 10º ano, Fig. 4.10) e 23% (do 7º ano, Fig. 4.5) referiu o trabalho de grupo sobre a temática “Refletir sobre evolução no centenário de Wegener”.

Salienta-se que os alunos de 10º ano produziram, através da pesquisa em grupo em bases de dados on-line sobre a distribuição geográfica e estatuto de conservação das aves paleognatas (tendo por base um webquest fornecido pela professora-investigadora), um trabalho final que foi classificado para todos os grupos com Bom ou Muito Bom, e evidenciando a motivação dos alunos, uma vez que não era considerado para a avaliação final da disciplina pela docente titular da turma.

Os episódios históricos escolhidos permitem estabelecer um paralelismo entre concepções historicamente anteriores e algumas das concepções alternativas habituais dos alunos o que facilita a mudança concetual necessária para promover a aprendizagem significativa. Alguns dos obstáculos, descritos como responsáveis pela persistência de concepções alternativas na vida adulta, são a existência de significados diferentes associados a conceitos científicos, como por

exemplo teoria e hipótese, uma vez que no senso comum são usados com um sentido totalmente diferente, assim como conhecimentos prévios erróneos (Francek, 2013).

A ação deste projeto de I-A foi mais eficaz, nalguns aspetos, na turma de 7º ano do que na do 10º ano, uma vez que se detetaram concepções alternativas e falta de conhecimentos, pré-requisitos, em alguns dos alunos de 10º ano que dificultaram o desenvolvimento de representações mais complexas dos conceitos científicos no curto tempo dedicado à aprendizagem destes temas. Verificou-se que as concepções alternativas dos alunos, de ambos os anos de escolaridade em estudo, relativamente à relação entre a expansão dos fundos oceânicos e o volume da Terra, foram ultrapassadas durante a ação obtendo-se um aumento de 5% para 55% (caixa 4.17, na questão II.2 dos alunos do 10º ano) e de 0% para 56% (caixa 4.5 na questão II.4 dos alunos do 7º ano) de frequência de respostas corretas pós-ação.

Relativamente a concepções alternativas à teoria da evolução por seleção natural foi possível identificar uma concepção não evolucionista (“Em cada ilha observa-se uma espécie de tentilhão com um formato de bico diferente porque voaram do continente diferentes espécies que escolheram a ilha onde viver”) que, pós-ação, desapareceu e uma transformista, isto é, uma visão lamarckiana da evolução, sendo esta última mantida em 90% dos alunos do 10º ano e em 50% dos alunos de 7º ano. Este facto pode ser explicado devido à falta de tempo disponibilizado para explorar o mecanismo de evolução por seleção natural que foi abordado de forma simples, para explicar a origem da diversidade de espécies, a nível do 7º ano, enquanto no 10º ano foi abordado, também, o mecanismo de deriva genética (integrante da Síntese Moderna) de forma muito simplificada. No final da ação a maioria dos alunos (69%) de 7º ano foram capazes de nomear a teoria de Darwin associando-a ao seu livro “A origem das espécies”.

A abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade foi abordada com os alunos de ambos os níveis de escolaridade e verificou-se que houve um aumento de 40% para 75% de respostas corretas pós ação (questão II.3 do 10º ano).

A estratégia usada permitiu estabelecer diversas pontes entre ideias epistemológicas e conceitos biológicos e geológicos e, por isso, observou-se o desenvolvimento das capacidades do domínio do conhecimento processual, isto é, um conjunto de procedimentos, tais como observação, classificação, formulação de hipóteses e análise de dados, que foi conseguido em 68 a 95% dos alunos da turma em estudo do 7º ano (resultados da ficha de avaliação sumativa) e em 80% dos alunos da turma de 10º ano (de 0 para 80% de respostas completas relativamente à questão I.1.). No final da unidade os alunos, em ambos os níveis de escolaridade, tinham bons conhecimentos sobre as espécies de paleognatas referidas, nomeadamente a avestruz e as duas espécies de emas (*Rhea pennata* e *Rhea americana*), e a sua relação a um ancestral comum e consideravam a hipótese de este ancestral ter vivido em Gondwana, há aproximadamente 100 a 200 milhões de anos; apesar de terem a noção de que a filogenia desta família de aves é ainda controversa (Haddrath & Baker 2012; Lieberman, 2005; Mitchell et al., 2014) sendo explicável por processos de vicariância, mas também de dispersão.

De acordo com as percepções dos alunos sobre o processo de aprendizagem (secções 4.1.7, relativo ao 7º ano, e 4.2.4, relativo ao 10º ano) a estratégia PBL implementada permitiu a

melhoria de atitudes de colaboração e respeito pelos colegas, como descrito com estratégias semelhantes (Ferreira & Trudel 2012). A maioria dos alunos - 74 a 85% - considerou que desempenharam um papel importante na sua própria aprendizagem sempre ou frequentemente podendo-se concluir que a ação foi bem-sucedida. A maioria dos alunos - 80% (do 10º ano) e 58% (do 7º ano) - considerou que a professora-investigadora colocou questões metacognitivas frequentemente ou sempre (secção 4.1.7 e 4.2.5); assim como - 68 a 85% (do 10º ano) e 75% (do 7º ano) - considerou que esta os questionou sobre como chegaram à resposta, inferindo-se um ambiente de aprendizagem PBL eficaz de acordo com Senocak (2009).

Registou-se que pelo menos 42% dos alunos (secção 4.1.6) refletiram sobre a sua própria aprendizagem e consideraram que aprenderam a dar a sua própria opinião sempre baseada em factos científicos, por isso conseguiu-se uma eficaz promoção da argumentação científica e questionamento sobre as próprias aprendizagens. A maioria dos alunos indicou a aula (apresentação eletrónica elaborada pela autora com implementação de forma muito interativa), como a atividade - que requer leitura/escrita - que mais contribuiu para as suas aprendizagens.

5.2. Aprendizagem com recurso à promoção de estilos de aprendizagem

Motivar os alunos para as aprendizagens dos conteúdos através de recursos apelativos aos alunos torna-se complicado e desafiante, havendo a necessidade de recorrer a um ambiente de aprendizagem diverso, de forma a desenvolver as preferências multimodais em todos os alunos, sendo necessário a construção e seleção de recursos potenciadores de aprendizagens e do desenvolvimento das capacidades essenciais para o século XXI, como definido em “21st Century Skills Map” (P21, 2009). O questionário VARK usado permitiu caracterizar os estilos de aprendizagem dos alunos, porque é considerado um instrumento de rápida utilização e fácil compreensão pelos alunos permitindo-lhes compreender quais as suas preferências de aquisição/processamento da informação e de comunicação (Fleming, 2013), e também contribui para o desenvolvimento das suas capacidades metacognitivas. Assim, observámos que o estilo de aprendizagem preferencial dos alunos da turma em estudo (7º ano, n=15) é o leitura/escrita (Fig. 4.1), contudo a maioria dos alunos, 53% (Fig. 4.1), representa uma preferência multimodal, como definido por Alkhasawneh *et al.* (2008) para alunos do ensino superior. Uma vez que se verificou que o estilo de aprendizagem menos representado nos alunos era o visual, fomentou-se o processamento deste tipo de informação fornecendo-se um mapa de conceitos, parcialmente preenchido, para completarem.

Observou-se uma associação entre o perfil VARK dos alunos e as atividades que os próprios consideraram terem tido um maior contributo nas suas aprendizagens, uma vez que a maioria dos alunos indicou a apresentação eletrónica elaborada pela autora e cuja implementação decorreu de forma muito interativa, com participação dos alunos a fazer e a responder a questões sobre situações do mundo que os rodeiam e outras situações que desconheciam (por exemplo, a formação de novo oceano em Afar) e a atividade prática com computadores em grupo permitiu explorar de uma nova forma um *software* já conhecido pela maioria dos alunos,

constituindo, por isso, o ambiente de aprendizagem ideal para a maioria dos alunos (com preferências cinestésicas e auditivas).

5.3. Síntese global

Neste trabalho recorreu-se a dois episódios relevantes da História da Ciência com potencialidade de serem usados de forma integrada - como concretizado com andaimamentos adequados sobre Biogeografia, nomeadamente distribuição geográfica de aves paleognatas - sendo um dos mesmos usado em contexto de celebração do centenário da teoria de Wegener.

Em síntese:

- produziram-se recursos educativos que promovem a integração de aspetos de Natureza da Ciência em relação a dois episódios da História da Ciência usados de forma integrada;
- estabeleceu-se uma estratégia educativa de ensino-aprendizagem globalizante e integrativa dos dois temas, biodiversidade e mobilismo geológico, bem sucedida e que poderá ser usada como modelo por outros docentes;
- uma vez que os resultados alcançados no pós-teste, pelos alunos de ambos os níveis de escolaridade, foram superiores relativamente aos do pré-teste em todas as questões-problema colocadas considera-se que a ação foi bem-sucedida, assim como foi positivo o desempenho dos alunos em outros questionários e fichas de avaliação;
- no final da unidade, os alunos de ambos os níveis de escolaridade revelavam um bom nível de conhecimento sobre as espécies de aves paleognatas referidas, nomeadamente a avestruz e as duas espécies de emas (*Rhea pennata* e *Rhea americana*), e a sua relação a um ancestral comum; e que a filogenia desta família de aves é ainda controversa sendo explicável por processos de vicariância, mas também de dispersão.

CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desta I-A centrou-se na promoção da compreensão de conceitos científicos e no desenvolvimento de capacidades de questionamento e metacognição, de forma a potenciar a curiosidade inata dos jovens usando atividades diversas. O roteiro de exploração, uma atividade prática, *minds-on* e *hands-on*, com o Google Earth desenvolvido com base na questão-problema: “Quais os limites de placas associados a cada fenómeno geológico?”, permite inferir a potencialidade da mesma, uma vez que constitui uma atividade baseada em algo familiar aos alunos e, simultaneamente, é desafiante de novas aprendizagens, podendo-se sugerir o seu uso noutros contextos, nomeadamente em ensino não formal em Museus e Centros de Ciência.

A maioria dos alunos da turma de 7º ano em estudo - 84% dos alunos - considera que os assuntos sobre os quais gostariam de saber mais são evolução e biodiversidade e, por isso, considerou-se adequado a integração destes aspetos durante o 7º ano de escolaridade e propõe-se a eventual generalização a outras turmas e escolas.

O Relatório de Estágio é referente à I-A que se focou no contributo de desenvolvimento pessoal e profissional da professora-investigadora, e tendo sido implementada de forma a pretender o desenvolvimento de capacidades e conhecimentos nos alunos. Apesar da coincidência temporal, entre o planeamento e a implementação da investigação em aulas observadas, este obstáculo foi ultrapassado com a rápida seleção do tema para este projeto I-A pela professora-investigadora. Assim, considera-se que ambos os objetivos foram conseguidos com a reflexão e constante reflexão e a melhoria contínua pela professora-investigadora.

Relativamente à questão-problema: “Qual o argumento mais convincente?”, as duas turmas em estudo responderam de forma distinta, seria por isso interessante repetir este estudo em mais turmas de ambos os níveis de escolaridade de forma a encontrar padrões de resposta mais generalizáveis.

A implementação da PBL, em turmas com elevado número de alunos, só foi possível pela disponibilidade da docente cooperante e a administração da escola em recorrer a aulas em que a turma está subdividida (em turnos) e os alunos no final parecem terem apreciado o novo ambiente de aprendizagem, apesar de alguns considerarem faltarem explicações pela docente, mas mais de 80% dos alunos consideraram que frequentemente ou sempre a docente deu pistas em vez de uma resposta completa e que a resolução dos problemas foi acessível.

Parece importante salientar que as dinâmicas muito positivas desta I-A, que permitiram o desenvolvimento de vários momentos de enriquecimento curricular, quer para os alunos quer para a professora-investigadora, foram devidamente integradas nas atividades do plano anual curricular, tais como a organização e concretização de saída de campo e de ciclo de palestras.

Em termos de perspetivas futuras, a importância da interação entre Ciências é evidente na afirmação de uma disciplina científica como a Biogeografia, que estuda os fenómenos que influenciam a distribuição geográfica e evolução das espécies e, por isso, se considera relevante abordar a temática aquando do ensino da biodiversidade, nomeadamente no 7º e 10º anos de

escolaridade. O mecanismo de evolução por seleção natural foi abordado de forma simples, para explicar a origem da diversidade de espécies, ao nível do 7º ano, enquanto no 10º ano foi também abordado o mecanismo de deriva genética (integrante da Síntese Moderna).

Em termos de implicações para docência no futuro, este estudo constitui um exemplo de implementação possível no âmbito das novas metas curriculares, no ensino básico (no 7º e/ou 8º ano) e no ensino secundário (no 10º e/ou 11º ano) cumprindo os objetivos mínimos descritos nos documentos oficiais e usando este exemplo como aprendizagens complementares. As metas curriculares incluem as temáticas de deriva dos continentes (7º ano) e de evolução (mais especificamente no 8º ano), mas é dada liberdade aos docentes de articular os temas, como o exemplo apresentado de forma a promover uma aprendizagem significativa e integrativa ou globalizante com aspetos de História e Natureza da Ciência.

Seria interessante estudar o efeito desta estratégia de ensino-aprendizagem noutros níveis de escolaridade, de forma a poder comparar a I-A e respetivos efeitos em alunos com diferentes níveis de escolaridade, fazendo a ponte entre Biologia e Geologia e promovendo o pensamento crítico sobre Biogeografia, nomeadamente o papel do mobilismo geológico na biodiversidade (distribuição geográfica e evolução de espécies).

Seria ainda interessante, recorrendo a PBL, ter a oportunidade de desenvolver diversas preferências relativas a estilos de aprendizagem durante um maior intervalo de tempo realizando um estudo transversal/longitudinal da evolução dos estilos de aprendizagem nos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkhasawneh, I. M., Mrayyan, M. T., Docherty, C., Alashram, S. & Yousef, H. Y. (2008). Problem-based learning (PBL): Assessing students' learning preferences using vark. *Nurse Education Today* 28, 572–579.
- Allègre, C. (1988). *A Espuma da Terra*. [Orig. L'Écume de la Terre, 1983, Trad. Jorge Branco]. Coleção Ciência Aberta. Gradiva. Lisboa. 399p.
- Amador, F.; Perdigão Silva, C.; Pires Baptista, J.; Adérito Valente, R. (2001). Programa de Biologia e Geologia. 10.º ano. Curso Geral de Ciências Naturais. ME. DES. Lisboa.
- Amador, F.; Perdigão Silva, C.; Pires Baptista, J.; Adérito Valente, R. (2002). Programa de Biologia e Geologia. 11.º ano. Curso Geral de Ciências Naturais. ME. DES. Lisboa.
- Azer, S. A., Hasanato, R., Al-Nassar, S., Somily, A. & AlSaadi, M. M. (2013). Introducing integrated laboratory classes in a PBL curriculum: impact on student's learning and satisfaction, *BMC Medical Education*, 13, 71.
- Aznar, M. M., & Orcajo, T. I. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27(1), 101–121. doi:10.1080/09500690410001673801.
- Baker, A. J. & Pereira, S. L. (2009). Ratites and tinamous (Paleognathae). Pp412-414. *in The Timetree of Life*, Hedges, S. B. & Kumar, S. (Eds.). Oxford University Press.
- Biggin, A. J., Steinberger, B., Aubert, J., Suttie, N., Holme, R., Torsvik, T. H., van der Meer, D. G. & van Hinsbergen, D. J. J. (2012). Possible links between long-term geomagnetic variations and whole-mantle convection processes. *Nature Geoscience* 5, 526-533.
- Blakey, R. C. (2011). Global Paleogeography. Disponível em <https://www2.nau.edu/rcb77/mollglobe.html> (acesso a 10/2013).
- Bolacha, E. (2008). Elementos sobre Epistemologia da Geologia: uma contribuição no Ano Internacional do Planeta Terra. *Revista Electrónica de Ciências da Terra Geosciences On-line Journal*, vol. 6, nº 2. Disponível em: <http://e-terra.geopor.pt>. (acedido a 01/2013).
- Bonito, J. (Coord.), Morgado, M., Silva, M., Figueira, D., Serrano, M., Mesquita, J. & Rebelo, H. (2013). *Metas Curriculares do Ensino Básico - Ciências Naturais*. Ministério da Educação e Ciência. 22p.
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Ministério da Educação. 353p.
- Conservation International (2013). Hotspots *in Conservation International*. Disponível em <http://www.conservation.org/How/Pages/Hotspots.aspx>. (consultado em 27.06.2015).
- Convention on Biological Biodiversity (2013). *Convention on Biological Biodiversity*. Disponível em <https://www.cbd.int/> (consultado em 27.06.2015).
- Cooper, A., Lalueza-Fox, C., Anderson, S., Rambaut, A., Austin, J. & Wark, R. (2001). Complete mitochondrial genome sequences of two extinct moas clarify ratite evolution. *Nature* 409, 704–707.

- Cortesão, L. & Stoer, S. R. (1997). Investigação-acção e a produção de conhecimento no âmbito de uma formação de professores para a educação inter/multicultural. *Educação, Sociedade & Culturas*, 7, 7-28.
- Coutinho, C. P. (2011). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática*. Porto: Edições Almedina. 343p.
- Crutzen, P. J. (2010). Anthropocene man. *Nature* 467(7317): S10. doi: 10.1038/467S10a.
- Darwin, C. (1837-8). Notebook B: Transmutation. Available online at <http://darwinonline.org.uk/content/frameset?itemID=CUL-DAR121.-&viewtype=side&pageseq=1>. (acedido a 01/2013).
- Darwin, C. (1859). *On The Origin of Species*, 1st edition (reprinted). London, UK: Penguin Books. 477p.
- Darwin, C. & Wallace A. R. (1858). On the Tendency of Species to form Varieties; and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection, *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London. Zoology* 3: 46-50.
- DEB, Departamento de Educação Básica (2001). *Currículo nacional do ensino básico - Competências essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- de Groot, G. A. , During, H. J., Maas, J. W., Schneider, H., Vogel, J. C. & Erkens, R. H. J. (2011). Use of rbcL and trnL-F as a Two-Locus DNA Barcode for Identification of NW-European Ferns: An Ecological Perspective. *PLoS ONE* 6(1): e16371. doi: 10.1371/journal.pone.0016371.
- deGrasse Tyson (2013). Neil deGrasse Tyson tweets for science literacy. *USA Today*, 19 Feb. 2013. Disponível em <http://www.usatoday.com/story/tech/columnist/vergano/2012/10/20/neil-degrasse-tyson-sagan/1644383/> (acedido a 09/2013).
- Delisle, R. (2000). Como realizar a aprendizagem baseada em problemas [How to use Problem-based learning in the classroom, 1997, Trad. Vitor Oliveira]. Coleção CRIAP. ASA. Porto. 112p.
- DiCarlo, S. E. (2006) Cell biology should be taught as science is practised, *Nat. Rev. Mol. Cell. Biol*, 7(4), 290-6.
- Dobrovine, P. V., Steinberger, B., & Torsvik, T. H. (2012). Absolute plate motions in a reference frame defined by moving hotspots in the Pacific, Atlantic and Indian oceans. *Journal of Geophysical Research* 117, B09101, doi:10.1029/2011JB009072.
- Dronamraju, K. (2011). *Haldane, Mayr, and Beanbag Genetics*. Oxford University Press. 274p.
- Ertmer, P. A. & Simons, K. D. (2006). Jumping the PBL Implementation Hurdle: Supporting the Efforts of K–12 Teachers. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), 40-54.
- Erwin, D. H. (2006). *Extinction! How Life Nearly Ended 250 Million Years ago*. Princeton University Press. 296p.
- Ferreira, M. M. & Trudel, A. R. (2012). The Impact of Problem Based Learning (PBL) on Student Attitudes toward Science, Problem-Solving Skills, and Sense of Community in the Classroom. *Journal of Classroom Interaction*, 47(1), 23-30

- Ferreira, S. & Morais, A. M. (2013). The Nature of Science in Science Curricula: Methods and concepts of analysis. *International Journal of Science Education*, 35(16), 2670–2691.
- Fleming, N. D. (2013). VARK: A guide to learning styles. Disponível em: <http://vark-learn.com/questionario/> (consultado em 27.06.2015).
- Fleming, N. D. & Mills, C. (1992). Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection, To Improve the Academy, 11,137.
- Francek, M. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions, *International Journal of Science Education*, 35:1, 31-64.
- Galopim de Carvalho, A. M. (2014). *Evolução do Pensamento Geológico: Nos Contextos Filosófico, Religioso, Social e Político da Europa*. Lisboa: Âncora Editora. 277p.
- Galvão, C. (coord), Departamento de Educação Básica. (2002). *Orientações curriculares para o 3º ciclo do ensino básico: Ciências Físicas e Naturais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Gilbert, J. (2004). Models and Modelling: Routes to More authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Goulão, F. (2012). Ensinar e aprender em ambientes *online*: alterações e continuidades na(s) prática(s) docente(s). In: J. A. Moreira, A. Monteiro (Orgs.). *Ensinar e Aprender Online com Tecnologias Digitais: Abordagens teóricas e metodológicas*. Porto Editora, Porto, 15 - 30.
- Haddrath, O., & Baker, A. J. (2001). Complete mitochondrial DNA genome sequences of extinct birds: Ratite phylogenetics and the vicariance biogeography hypothesis. *Proc. R. Soc. Lond. B* 268:939-945.
- Haddrath, O., & Baker, A. J. (2012). Multiple nuclear genes and retroposons support vicariance and dispersal of the palaeognaths, and an Early Cretaceous origin of modern birds. *Proc. R. Soc. B*, 279, 4617–4625.
- Hall, R. (2011). Australia–SE Asia collision: plate tectonics and crustal flow. In Hall, R., Cottam, M. A. & Wilson, M. E. J. (eds). *The SE Asian Gateway: History and Tectonics of the Australia–Asia Collision*. Geological Society, London, Special Publications, 355, 75–109.
- Harshman, J. (2008). Paleognath Relationships. In Tree of Life web project. Disponível em http://tolweb.org/notes/?note_id=4791. (acedido a 01/2013).
- Holt, B. G., Lessard, J.-P., Borregaard, M. K., Fritz, S. A., Araújo, M. B., Dimitrov, D., Fabre, P.-H., Graham, C. H., Graves, G. R., Jönsson, K. A., Nogués-Bravo, D., Wang, Z., Whittaker, R. J., Fjeldså, J. & Rahbek, C. (2013). An Update of Wallace’s Zoogeographic Regions of the World. *Science* 339 (6115): 74-78.
- International Commission on Stratigraphy (2013). *International Chronostratigraphic Chart* (tradução para português v2013/01).
- Ioannidou-Koutselini, M. & Patsalidou, F. (2015). Engaging school teachers and school principals in an action research in-service development as a means of pedagogical self-awareness, *Educational Action Research*, 23:2, 124-139, DOI:10.1080/09650792.2014.960531
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clarck, R. E. (2006). Why minimal guidance instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.

- Lavina, E. L. (2010). Alfred Wegener e a revolução Copernicana da geologia. *Revista Brasileira de Geociências*. 40(2): 286-299.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Lieberman, B. S. (2005). Geobiology and paleobiogeography: tracking the coevolution of the Earth and its biota. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 219: 23– 33
- Liu, M. , Wivagg, J. , Geurtz, R. , Lee, S. & Chang, H. M. (2012). Examining How Middle School Science Teachers Implement a Multimedia-enriched Problem-based Learning Environment. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 46-84.
- Macdougall, J. D. (1998). Uma História (Breve) do Planeta Terra. Lisboa: Editorial Notícias. 309p.
- Mamlouk-Naaman, R., Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Menis, J., and Erduran, S. (2005). Learning Science through a Historical Approach: Does It Affect the Attitudes of Non-Science-Oriented Students towards Science?. *International Journal of Science & Math Education*, 3(3), 485-507.
- Margulis, L. (1998). *Symbiotic Planet [A new look at evolution]*. MA: Basic Books. 146p.
- Martins-Loução, M. A. [coord.] (2011). *A Aventura da Terra - Um Planeta em Evolução*. Esfera do Caos. Lisboa. 139p.
- Máximo-Esteves, L. (2008). *Visão Panorâmica da Investigação-Ação*. Porto: Porto Editora. 128p.
- May, R. M. (2011). Why Worry about How Many Species and Their Loss? *PLoS Biol* 9(8): e1001130. doi:10.1371/journal.pbio.1001130.
- Mayr, E. (2007). *What Makes Biology Unique? - Considerations on the Autonomy of a Scientific Discipline*. Cambridge University Press. 248p.
- McLoughlin, S. (2001). The breakup history of Gondwana and its impact on pre-Cenozoic floristic provincialism. *Aust. J. Bot.*, 2001, 49, 271–300.
- McLoughlin, S. (2011). *Glossopteris - insights into the architecture and relationships of an iconic Permian Gondwanan plant*. *J. Botan. Soc. Bengal* 65 (2): 1-14.
- Metcalfe, I. (2011). Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland. *Gondwana Research* 19 (2011) 3–21.
- Mintzes, J., Wandersee, J. & Novak, J. (2005) *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*. Elsevier: Academic Press, 407p.
- Mitchell, K. J., Llamas, B., Soubrier, J., Rawlence, N. J., Worthy, T. H., Wood, J., Lee, M. S. Y. & Cooper, A. (2014). Ancient DNA reveals elephant birds and kiwi are sister taxa and clarifies ratite bird evolution. *Science* 344(6186): 898-900.
- Moreira, J. A. & Monteiro, A. [org.] (2012). *Ensinar e aprender online com tecnologias digitais: Abordagens teóricas e metodológicas*. Porto: Porto Editora. 160p.
- Nance, R. D. & Murphy, J.B. (2013). Origins of the supercontinent cycle. *Geoscience Frontiers* 4, 4, 439–448.

- National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, (2008). Marine Geology and Geophysics Images of Crustal Age of the Ocean Floor. Disponível em: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/crustalimages.html> (acedido a 01/2013).
- National Research Council (2000). Inquiry and the National Science Education Standards. Washisgton, DC: National Academy Press.
- Novak, J. D. (1986). A Theory of Education. Cornell: NY, USA. 295p.
- Ontoria, A., Ballesteros, A., Cuevas, C., Giraldo, L., Gómez, J., Martín, I., Molina, A., Rodríguez, A. & Vélez, U. (2003). Mapas Conceptuais. Uma técnica para aprender. Edições ASA.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2014). PISA 2012 results: What students know and can do – student performance in mathematics, reading and science (1th ed.). PISA, OECD Publishing. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201118-en>. (acedido a 10/2013).
- P21 (2009). 21st Century Skills Science Map. Washington: Partnership for 21st Century Skills, in: http://www.p21.org/storage/documents/21stskillsmap_science.pdf. (acedido a 10/2013).
- Pereira, S. L. & Baker, A. J. (2006). A mitogenomic timescale for birds detects variable phylogenetic rates of molecular evolution and refutes the standard molecular clock. *Mol Biol Evol.*, 23(9):1731-40.
- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J. & Jordan, T.H. (2004). Understanding Earth. 4th edition. W.H. Freeman and Company.
- San Román, L. S. (2012). Aniversarios en ciencias: algunas orientaciones para su uso didáctico [*Anniversaries in Sciences: some orientations for teaching use*]. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.1, 96-104.
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: definitions and distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), 9-20.
- Schmidt, H. G., Rotgans, J. I. & Yew, E. H. J. (2011). The process of problem-based learning: what works and why. *Medical Education*, 45, 792–806.
- Scotese, C. R. (2000). PALEOMAP Project. Disponível em: <http://www.scotese.com/earth.htm>. (acedido a 01/2013).
- Senocak, E. (2009). Development of an Instrument for Assessing Undergraduate Science Students' Perceptions: The Problem-Based Learning Environment Inventory. *J Sci Educ Technol*, 18, 560–569.
- Silver, H. F., Strong, R. W. & Perini, M. J. (2010). Inteligências Múltiplas e estilos de Aprendizagem - Para que todos possam aprender. [So Each May Learn - Integrating Learning Styles and Multiple Intelligences (2000), trad. Isabel Soares]. Porto: Porto Editora. 112p.
- Sousa, C. (2007). Abordagem por resolução de problemas em aulas práticas de disciplinas na área da Biologia: PBL e resolução de problemas. [*Using problem solving in practical classes of disciplines in the area of Biology: PBL and problem solving*]. In: I. Cardoso, E. Martins, Z.

- Paiva (Eds.). Actas do Colóquio Da Investigação à prática: Interacções e debates, E-book (ISBN: 978-972-789-253-2). DDTE e CIDTFF da Universidade de Aveiro, Aveiro. 244 - 253.
- Sousa, C. (2013). Pensar a Pangeia como Wegener. Kit educacional Mobilismo Geológico, volume 1 - Atividades práticas para o 7º ano de escolaridade. [*Think Pangea as Wegener. Educational kit Geological mobilism, Volume 1 - practical activities for seventh grade level*]. ISBN: 978-989-97682-2-2. (E-book). Casa das Ciências. <http://imagem.casadasciencias.org/online/39116006/39116006.php>. (acedido a 01/2013).
- UNESCO (2013). The four pillars of learning. In Education. Disponível em <http://www.unesco.org/new/en/education/networks/global-networks/aspnet/about-us/strategy/the-four-pillars-of-learning/> (acesso 01/2013).
- Vasconcelos, C. & Almeida A. (2012). Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas no Ensino das Ciências. Porto: Porto Editora. 127p.
- Walker; A. & Leary; H. (2009). A Problem Based Learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1). Available at: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol3/iss1/3/>. (acedido a 01/2013).
- Wallace, A. R. (1876). The geographical distribution of animals; with a study of the relations of living and extinct faunas as elucidating the past changes of the Earth's surface. London: Macmillan & Co.
- Walsh, A. (2005). The Tutor in Problem Based Learning: A Novice's Guide. McMaster University, Canada. Disponível em <http://fhs.mcmaster.ca/facdev/> (acedido a 01/2013).
- Wegener, A. L. (1915). *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. [The Origin of Continents and Oceans]. Wissenschaft: Vieweg.
- Wegener, A. L. (1929). The Origin of Continents and Oceans. [*Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*]. 4th edition. Dover Science. 246p.
- Wilson, E. O. (2007). A Criação: Um apelo para salvar a Terra. [Orig. The Creation: An appeal to Save Life on Earth, 2006]. Lisboa. Gradiva. 228p.
- Wyllie, P. J. (1995). A Terra. Nova Geologia Global [Original: The Way the Earth Works: An Introduction to the New Global Geology and its Revolutionary Development]. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 388p.

APÊNDICE